



# Prenosové médiá 11

doc. Ing. Ľuboš Ovseník, PhD.

([lubos.ovsenik@tuke.sk](mailto:lubos.ovsenik@tuke.sk); tel. 421 55 602 4336)

[https://data.kemt.fei.tuke.sk/PM\\_PS\\_Prenosove\\_media/](https://data.kemt.fei.tuke.sk/PM_PS_Prenosove_media/)

# BEZDRÔTOVÝ PRENOS (Wireless) 5

## (LINEÁRNE ANTÉY)

- Lineárne antény so stojatou vlnou (rezonujúce)
  - Tenká symetrická lineárna anténa
  - Valcová anténa
  - Sústavy lineárnych antén
    - Sústava zložená len z aktívnych prvkov
    - Sústava zložená z aktívnych a pasívnych prvkov
  - Lineárna anténa nad zemským povrchom
  - Príklady lineárnych antén
- Lineárne antény s postupujúcou vlnou (nerezonujúce)
  - Priamy vodič s postupujúcou vlnou
  - Kosoštvorcová anténa
  - Skrutkovicová anténa
  - Antény s neuniformnou vlnou – dielektrická anténa

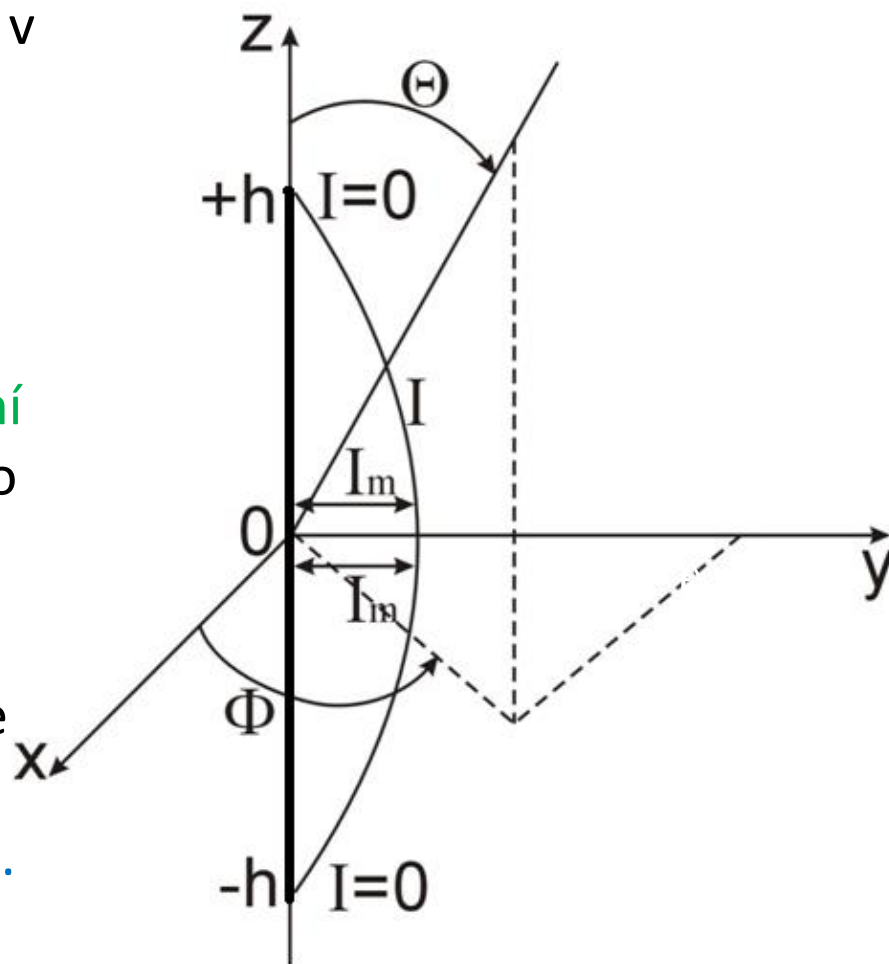
# Lineárne antény so stojatou vlnou (rezonujúce, impedančne neprispôsobené)

Lineárne antény sú také antény, ktorých jeden rozmer je podstatne väčší ako ostatné rozmery

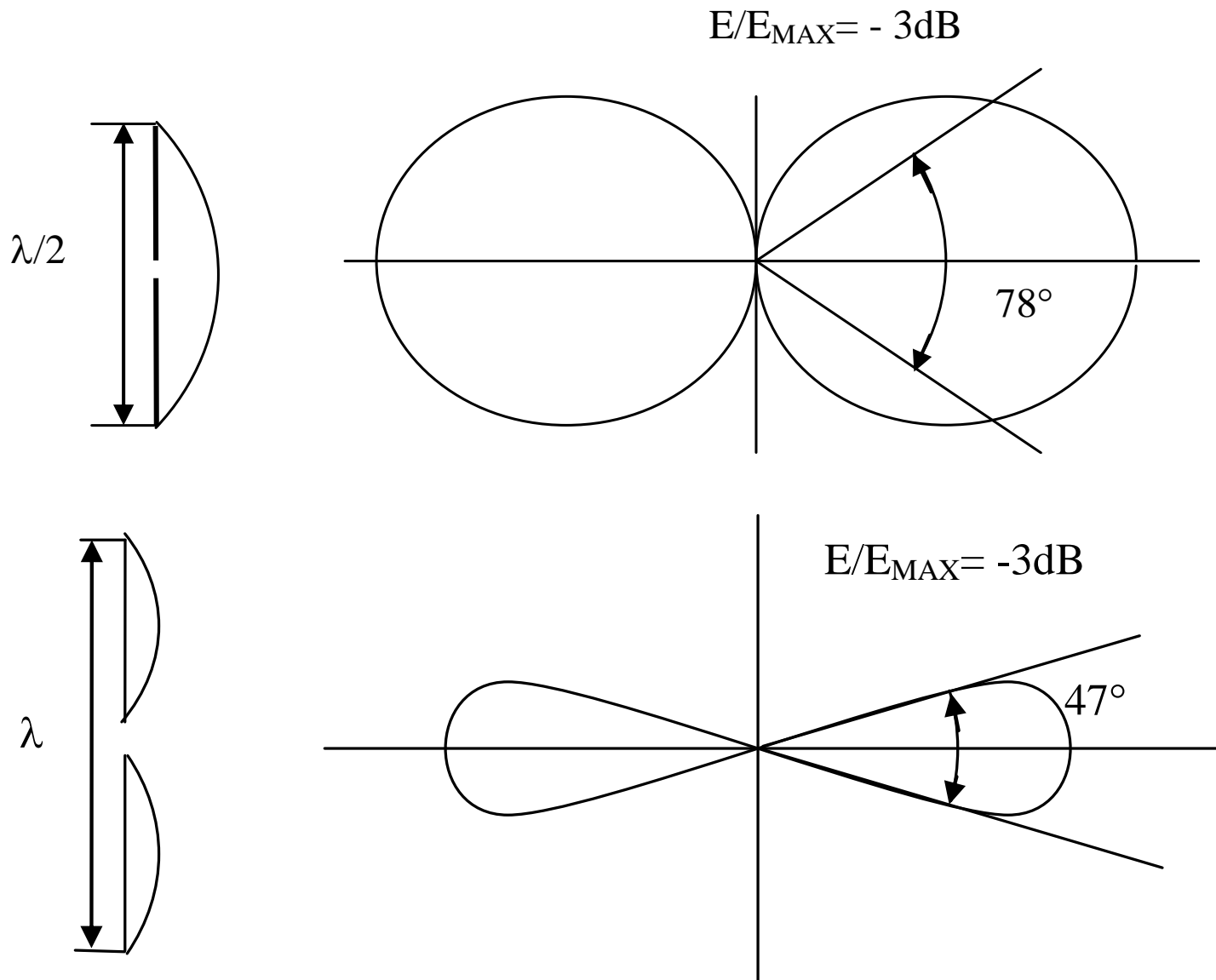
- antény tohto typu nachádzajú široké uplatnenie v praxi počnúc od najnižších frekvencií (Hz) až po frekvencie rádovo  $10^0$  až  $10^2$  GHz
- používajú sa ako samostatné antény, ale často sa používajú aj ako prvky zložitých sústav

# Tenká symetrická lineárna anténa

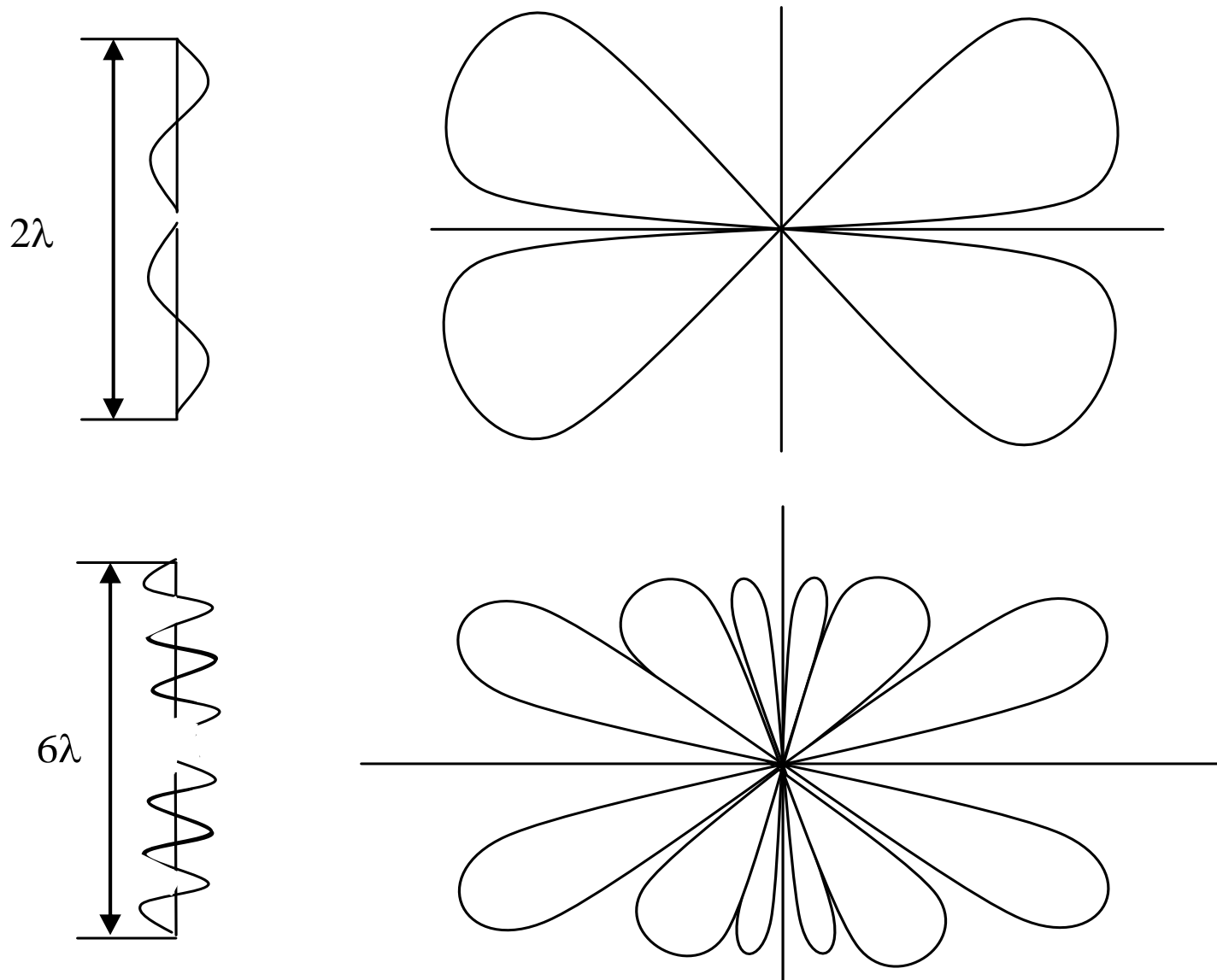
- priemer antény  $2a$  je **zanedbateľný** v porovnaní s dĺžkou antény  $2h$
- **rozloženie prúdu** pozdĺž antény je rovnaké ako rozloženie prúdu v **symetrickom dvojvodičovom vedení** s dĺžkou „ $h$ “, ukončenom naprázdno (na konci uzol prúdu)
- **smerová charakteristika** nekonečne tenkej symetrickej lineárnej antény je **taká istá** ako u **elementárneho el. dipólu**



Obr. Prúdové rozloženie a smerové charakteristiky tenkej lineárnej symetrickej antény pre rôzne dĺžky  $2h$

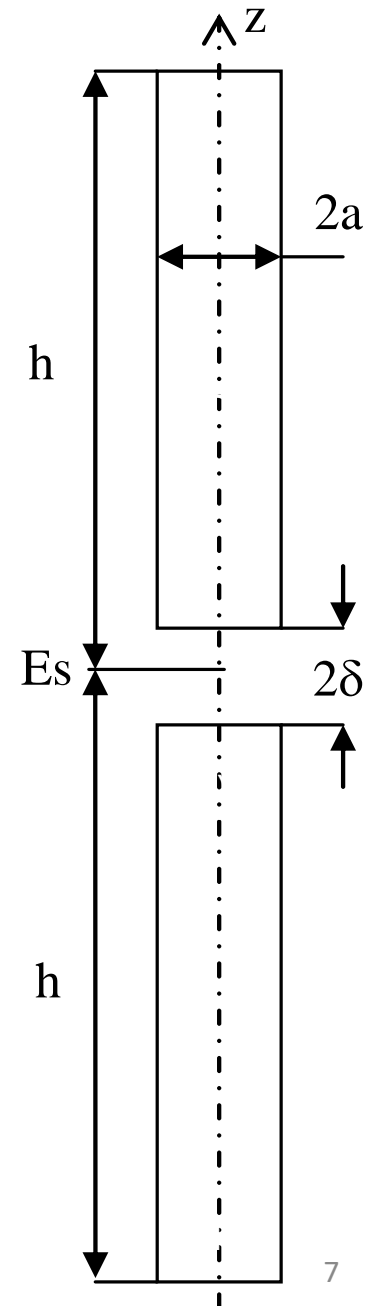


Obr. Prúdové rozloženie a smerové charakteristiky tenkej lineárnej symetrickej antény pre rôzne dĺžky  $2h$



# Valcová anténa

- priemer antény  $2a$  **nie je zanedbateľný** v porovnaní s dĺžkou antény  $2h$
- rozloženie prúdu vo valcovej anténe popisuje Hallénova integrálna rovnica a **pre väčšinu lineárnych antén je rozloženie prúdu sínusové**
- $\psi$  - štíhlostný koeficient antény 
$$\psi = 2 \ln \frac{2h}{a}$$
  - pre **tenké dipóly** ( $\psi > 20$ )
    - **v uzlových bodoch** - uprostred dipólu pre ( $2h = \lambda$ ), alebo pri dipóle s ( $2h = 5 \lambda/4$ ) vo vzdialenosti  $\lambda/2$  od koncov, **je prúd nulový**
  - pre **hrubé dipóly** ( $\psi < 10$ )
    - **v týchto bodoch** – **prúd nie je nulový**, ale má konečnú hodnotu
    - okrem toho minimum prúdu nastáva vo vzdialenostiach menších než  $\lambda/2$



# Sústavy lineárnych antén

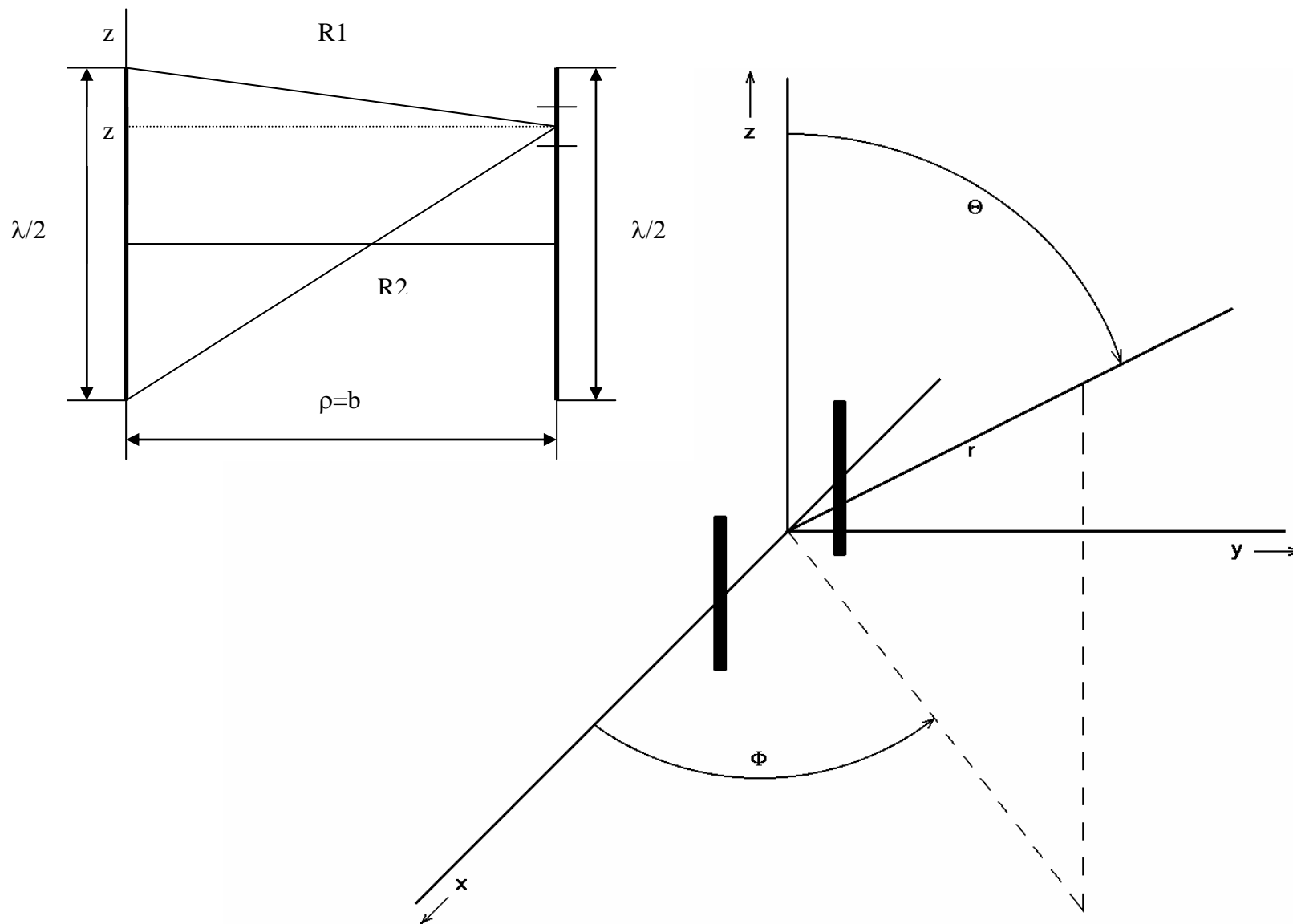
- lineárne antény sa často používajú ako prvky zložitejších anténových sústav
- smerové charakteristiky takýchto sústav možno získať napr. pravidlom násobenia charakteristík
- pri určovaní amplitúd a fáz prúdov v jednotlivých žiaričoch sústavy však musíme brať do úvahy ich vzájomné ovplyvňovanie

## SÚSTAVA ZLOŽENÁ LEN Z AKTÍVNYCH PRVKOV

- rozloženie prúdu v obidvoch anténach je harmonické
- záleží na tom akú amplitúdu (rovnakú?) a fázu (rovnakú?) majú napájacie prúdy



# Obr. Sústava dvoch rovnobežných polvlnových antén



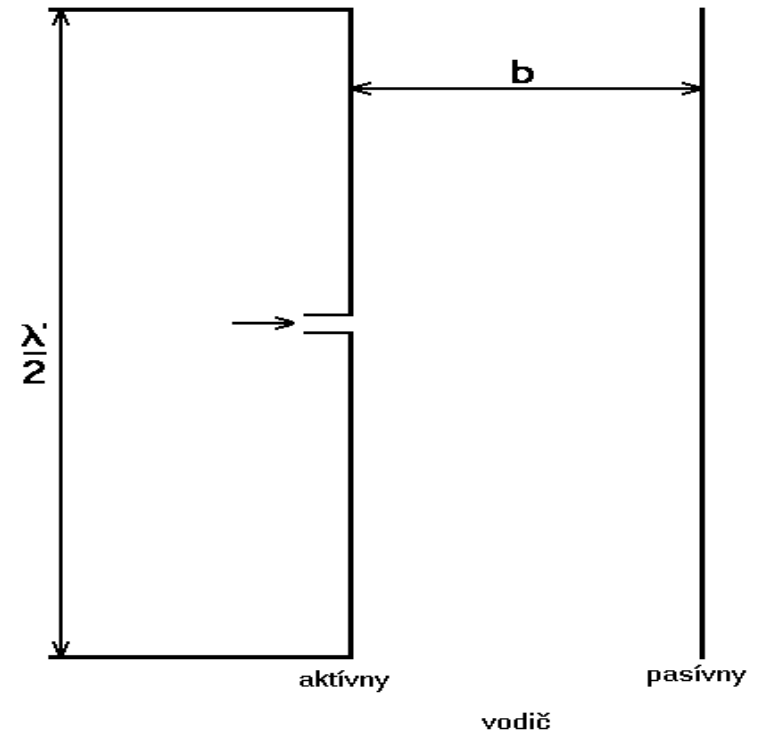
# SÚSTAVA ZLOŽENÁ Z AKTÍVNYCH A PASÍVNYCH PRVKOV

V technickej praxi sa často používajú také antény, v ktorých sa **nie všetky** prvky **napájajú samostatne**

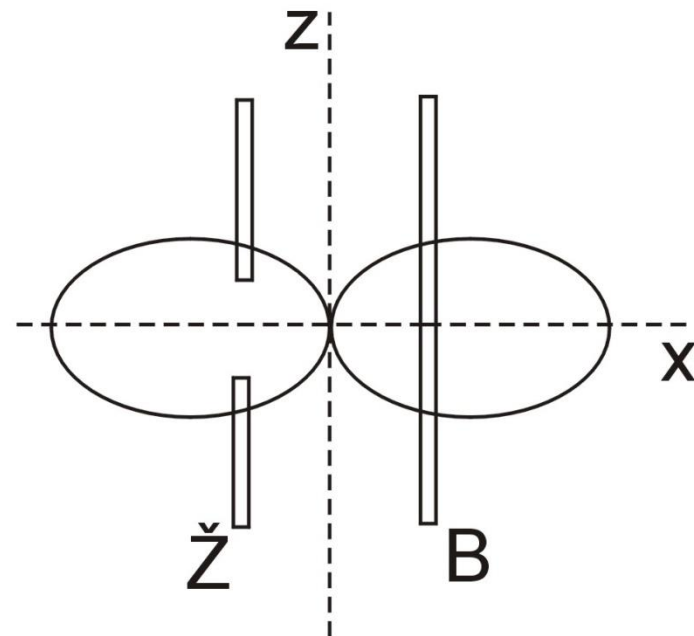
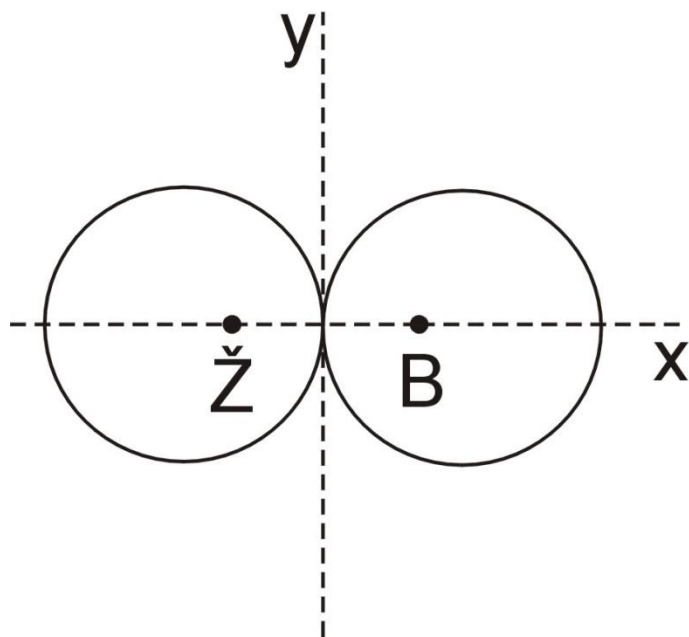
- najjednoduchší príklad takejto sústavy pozostáva z dvoch polvlnových antén, z ktorých **jedna je aktívna a jedna pasívna**

- prvky, ktoré **nie sú spojené** s napájacím vedením, sa nazývajú **pasíve prvky**

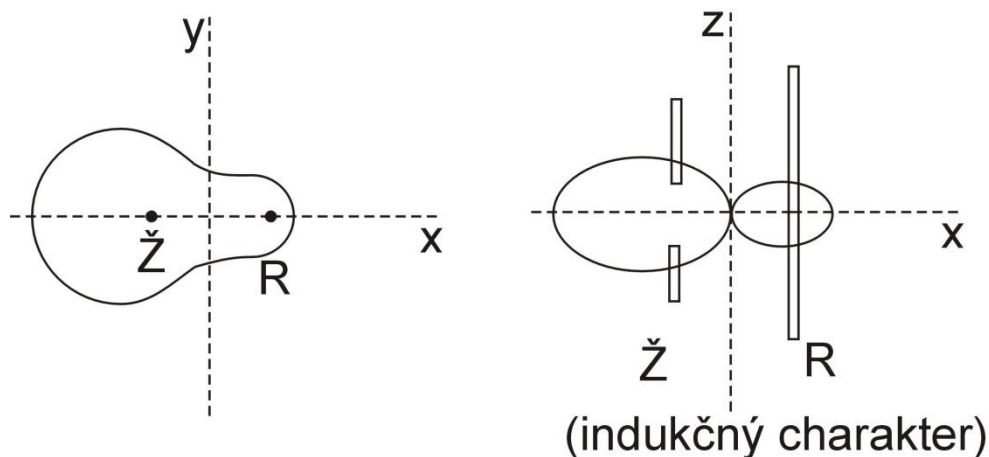
- prúdy v týchto prvkoch **tečú vplyvom** elm poľa, **vytváraného aktívnymi** (napájanými) prvkami sústavy



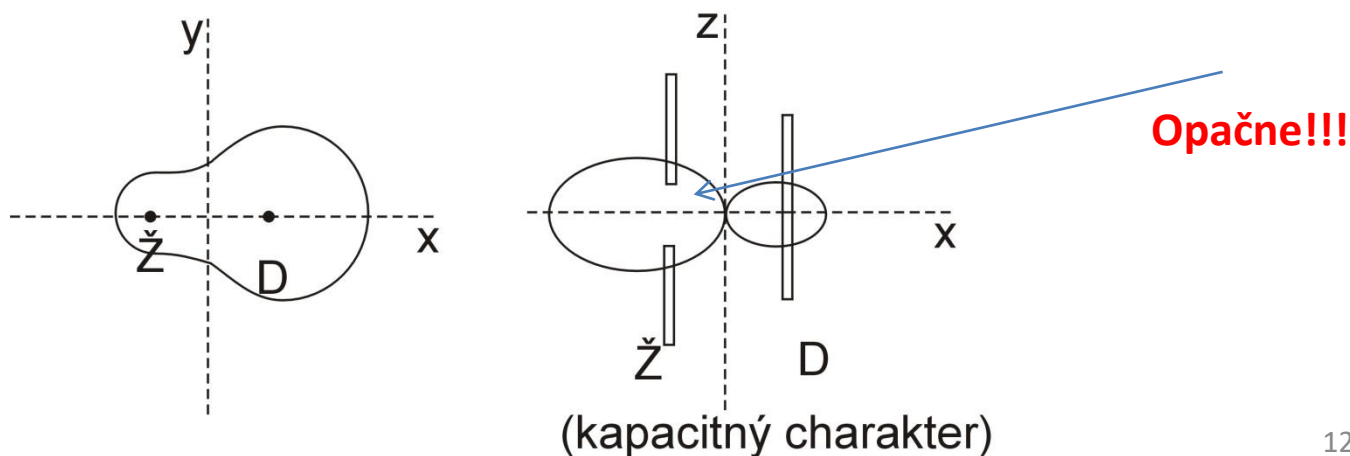
- pasívny prvok s indukčným charakterom spôsobuje odraz energie v smere aktívneho prvku - pracuje ako reflektor
- pasívny prvok s kapacitným charakterom spôsobuje vzrast vyžarovania v smere od aktívneho prvku k pasívnemu - nazýva sa direktor
- v praxi sa zmena charakteru impedancie pasívneho prvku dosahuje zmenou jeho dĺžky
  - možnosti ovplyvnenia smerovej charakteristiky sústavy zmenou dĺžky pasívneho prvku pre (rovnaké dĺžky aktívneho a pasívneho prvku) vzdialenosť  $b=0,04\lambda$



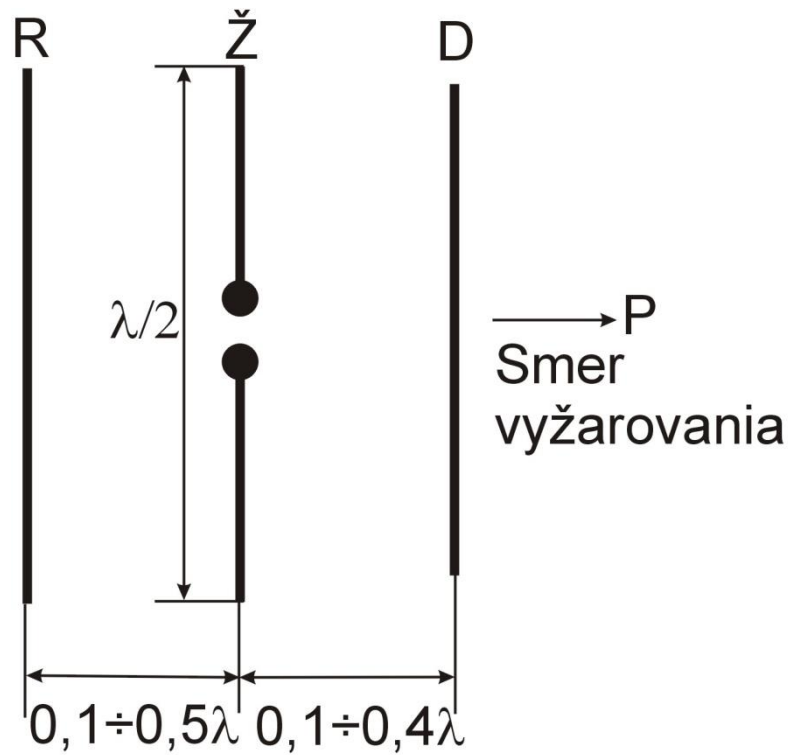
- možnosti ovplyvnenia smerovej charakteristiky sústavy zmenou dĺžky pasívneho prvku pre (**pasívny o 5% dlhší - reflektor**) vzdialenosť  $b=0,04\lambda$



- možnosti ovplyvnenia smerovej charakteristiky sústavy zmenou dĺžky pasívneho prvku pre (**pasívny o 5% kratší - direktor**) vzdialenosť  $b=0,04\lambda$



- anténa typu **Yagi-Uda** - aktívna anténa môže spolupracovať aj s **väčším počtom pasívnych antén**
- obvykle sa používajú systémy vytvorené z:
  - **jedného reflektora** (pasívny prvok dlhší ako aktívny - **induktívny charakter**)
  - **jedného aktívneho prvku** (**žiarič**)
  - **niekoľkých direktorov** (pasívny prvok kratší ako aktívny - **kapacitný charakter**)



## ■ Direktor

- pasívny prvok umiestnený vo vzdialenosti  $(0,1 \div 0,4)\lambda$ , pred žiaričom v smere vyžarovania
- skrátením jeho dĺžky o  $6 \div 8 \%$  oproti aktívnemu prvku upravíme fázu prúdu tak, že tento oproti prúdu v aktívnom prvku zaostáva o  $-90^\circ$
- žiarenie sa sústreďí v smere žiarič – direktor

## ■ Reflektor

- pasívny prvok umiestnený vo vzdialenosti  $(0,1 \div 0,5)\lambda$ , za žiaričom
- predĺžením jeho dĺžky o  $2 \div 5 \%$  oproti aktívnemu prvku upravíme fázu prúdu tak, že tento oproti prúdu v aktívnom prvku predbieha o  $+90^\circ$
- tým docielime, že časť energie zachytenej od žiariča sa odráža späť do priestoru v smere reflektor – žiarič

## ■ Vlastnosti a použitie

- vysoká smerovosť a zisk
- zväčšenie zisku – reflektorovou stenou (sústava vodičov, sieťovina), zmnožením aktívnych prvkov v pozdĺžnom (log.-periodické žiariče) alebo priečnom smere
- použitie pre vlnové dĺžky kratšie ako 3m – VKV, UKV

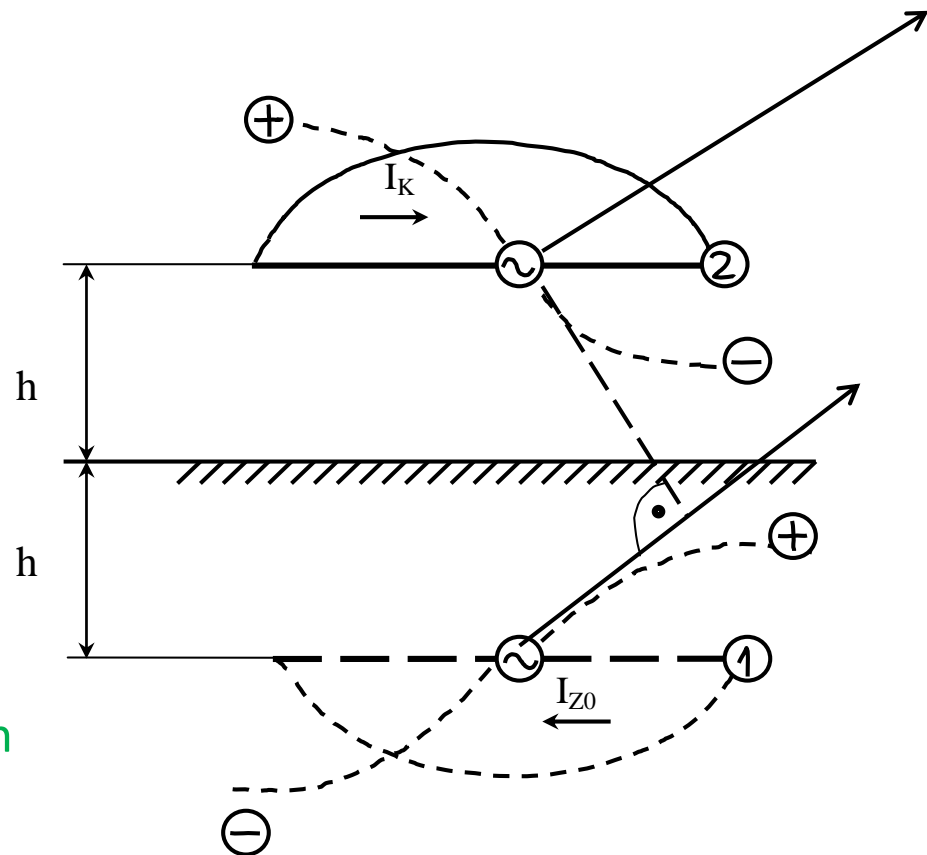
# Lineárna anténa nad zemským povrchom

- všetky naše doterajšie úvahy sa týkali **antén umiestnených vo voľnom priestore**
  - analýze **vysoko umiestnených antén** pre metrové a kratšie vlny
  - alebo **antén umiestnených v kozmickom priestore**
- vo väčšine prípadov však musíme uvážiť **vplyv povrchu zeme na vyžarovanie antén**
  - elm pole antény indukuje v zemi elektrické prúdy, ktoré sú zdrojom **sekundárneho elm poľa**
  - rozloženie **prúdov v zemi** závisí od
    - typu antény
    - výšky jej umiestnenia
    - frekvencie
    - od elektrických parametrov zemského povrchu

# HORIZONTÁLNY POLVLNOVÝ DIPÓL

Polvlnový lineárny dipól, umiestnený **horizontálne** vo výške  **$h$**  nad rovinným dokonale vodivým zemským povrchom

- elm pole vo vzdialenom bode pozorovania „P“ je **superpozíciou dvoch vln**
  - priamej
  - a **odrazenej** od zemského povrchu
- ak je povrch zeme dokonale vodič
  - odrazená vlna musí **byť fázovo posunutá o  $\pi$  ( $180^\circ$ )** v bode odrazu
  - riešime teda problém sústavy dvoch lineárnych antén **napájaných prúdmi s opačnou fázou**



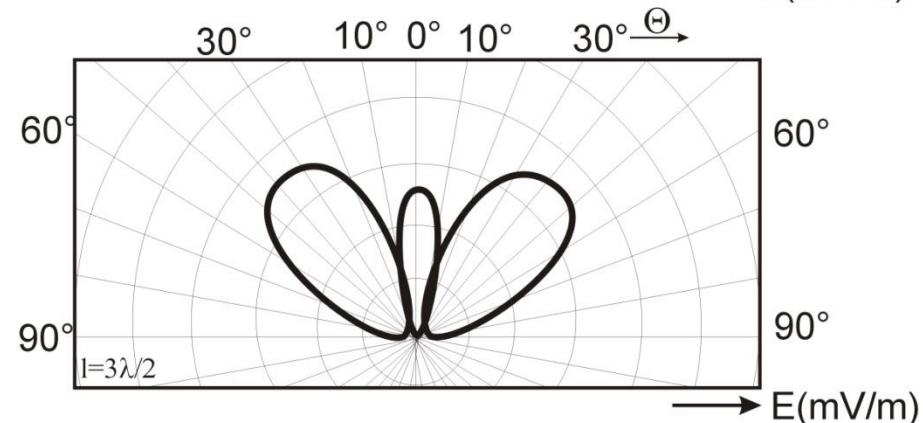
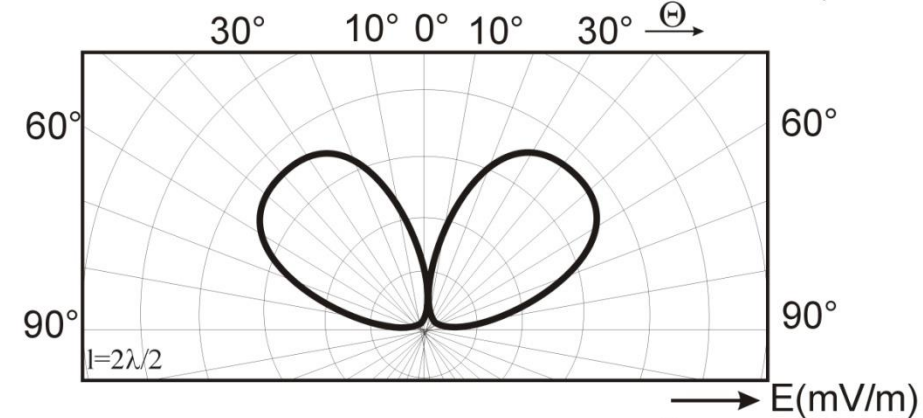
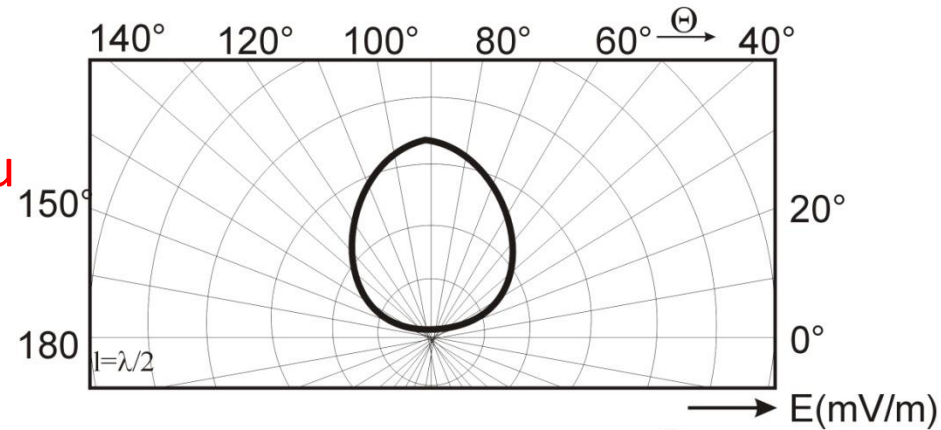


■ pretože anténou a jej zrkadlovým obrazom tečú prúdy, ktoré sú v protifáze a majú rovnakú amplitúdu

■ vyžarovanie pozdĺž povrchu zeme je vždy nulové

■ tvar smerovej charakteristiky podstatne závisí od výšky „h“

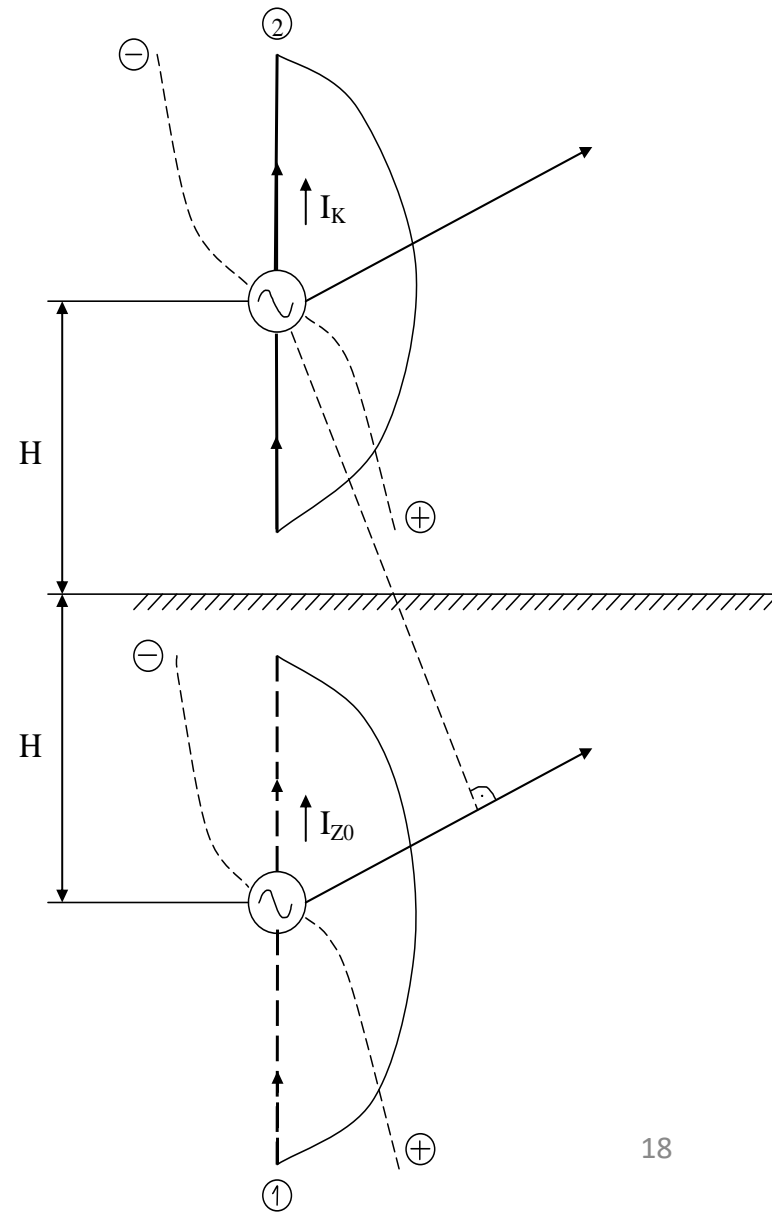
- ak výška  $h \leq 0,25\lambda$ , maximum vyžarovania je v smere vertikálnom
- pri výškach  $h > 0,5\lambda$  sa smerová charakteristika štiepi na jednotlivé laloky
- počet lalokov rastie so zväčšovaním „h“



Vyžarovacie diagramy horizontálnych anténových vodičov s dĺžkou  $\lambda/2$ ;  $2\lambda/2$ ;  $3\lambda/2$

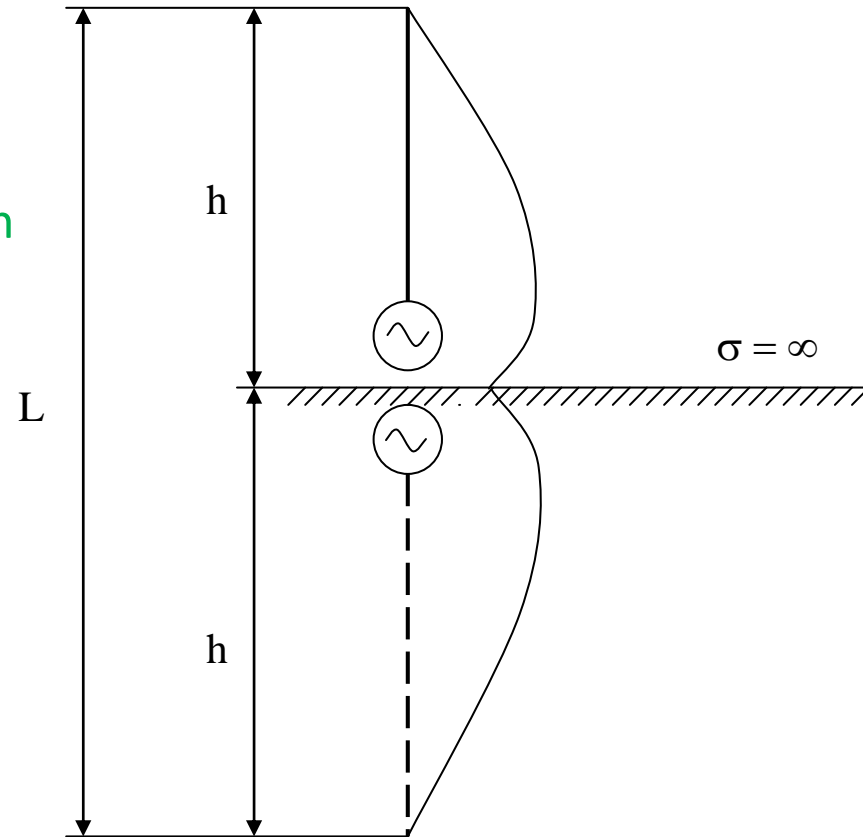
# VERTIKÁLNY POLVLNOVÝ DIPÓL - symetrický

- nech stred dipólu je vo výške  $H$
- anténa **vyžaruje maximálne v smere rovnobežnom s povrchom zeme**
  - ak výška  $H \leq 0,25\lambda$  smerová charakteristika **má len 1 lalok**
  - pri **väčších výškach** sa smerová charakteristika **štiepi na jednotlivé laloky**

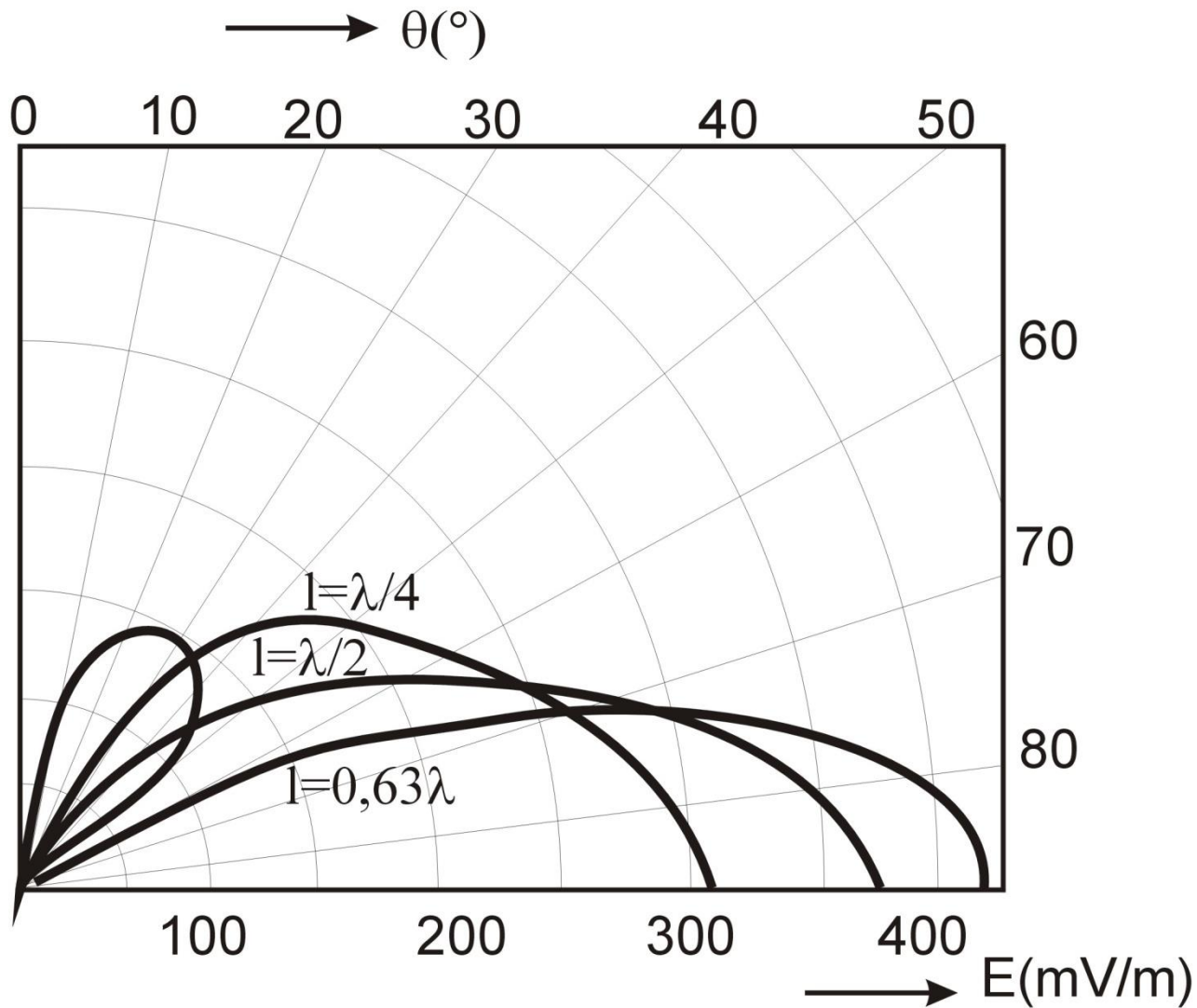


# VERTIKÁLNY POLVLNOVÝ DIPÓL - nesymetrický

- vyžarovanie tejto antény je rovnaké, ako vyžarovanie symetrickej antény s dĺžkou  $2h$ 
  - nesymetrická anténa však vyžaruje len v hornom polpriestore
- smerové charakteristiky
  - $h = \lambda$  - vyžarovanie je nulové
  - ak výška  $h \leq \lambda/2$  - 1 lalok
  - $h > \lambda/2$  - postranný lalok
    - do  $0,67\lambda$  - nízky
    - nad - prevyšuje hl. lalok
  - zväčšovanie výšky antény
    - zmenšenie vyžarovania



Obr. Vertikálne vyžarovacie diagramy nesúmerne napájaného anténového vodiča



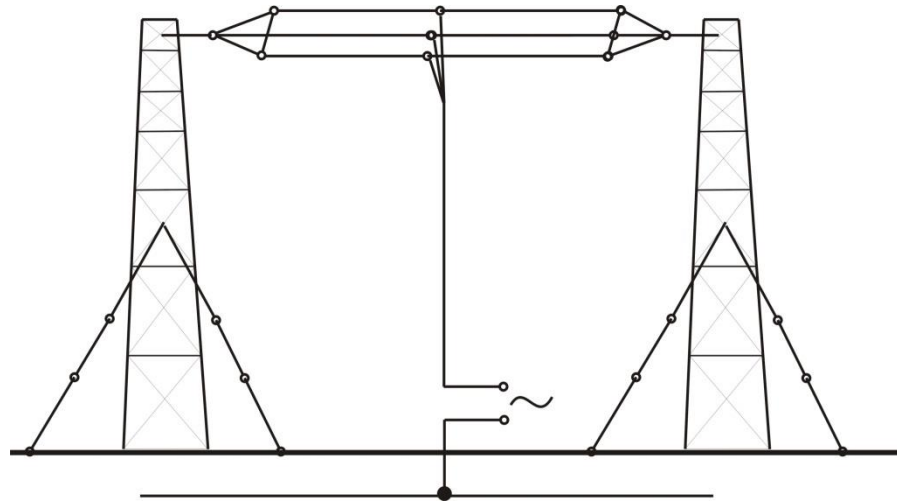
# Príklady lineárnych antén

- **lineárne antény** sa v praxi veľmi **široko používajú** pre svoje výhodné vlastnosti a jednoduchú konštrukciu
- pri výbere vhodného typu antény je nutné uvažovať **predovšetkým frekvenčné pásmo**, v ktorom má anténa pracovať, pretože to rozhoduje o tom
  - či môžeme **použiť** anténu s dĺžkou  **$h \sim \lambda/2$**
  - alebo **musíme** (z konštrukčných a ekonomických dôvodov) použiť anténu kratšiu ( **$h \ll \lambda/2$** )

# ANTÉNY PRE DV A SV

V oblastiach DV ( $\lambda = 1 \div 10$  km) a SV ( $\lambda = 100 \div 1000$  m), je výhodné používať antény, ktorých **smerové charakteristiky majú maximum vyžarovania v smere rovnobežnom** so zemským povrchom

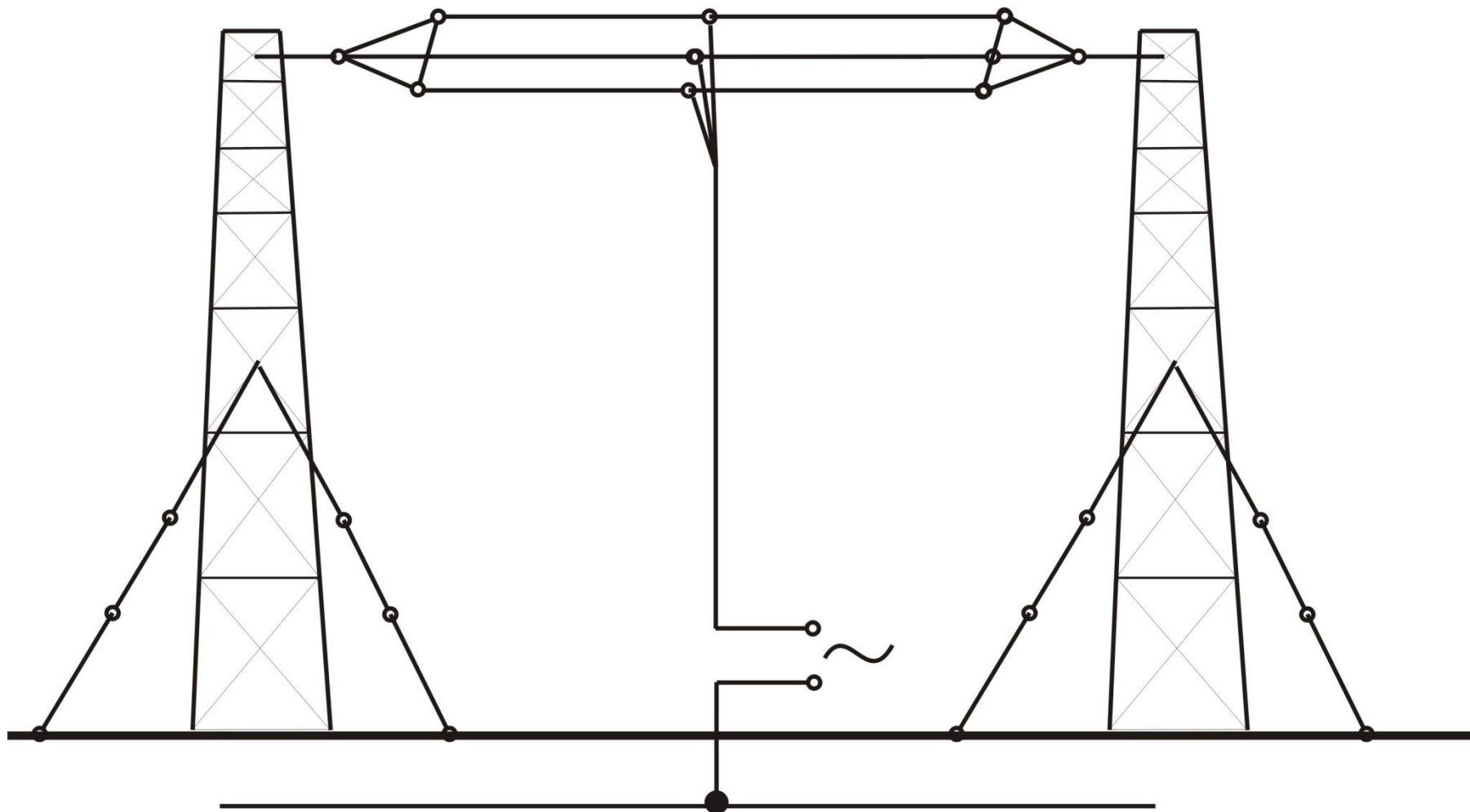
- vhodnú smerovú charakteristiku má **zvislá lineárna anténa** nad zemským povrchom
  - príjem z takýchto antén sa uplatňuje
    - cez deň **povrchovými** vlnami
    - v noci (vyžarovaním od lalokov) sa uplatní **prízemnými** vlnami
- vzhľadom na vlnovú dĺžku je **praktický nemožné realizovať** anténu s dĺžkou  $\lambda/2$
- pri **kratších anténach** však **nie je možné** bez ďalších opatrení dosiahnuť vysokú účinnosť antény, pretože prúdové rozloženie v anténe má uzol na konci antén
  - **predĺženie antény** - to sa dosahuje najčastejšie pomocou tzv. kapacitného predĺženia antény (**kapacitné nadstavce**)



## Vysielacie antény pre DV

- vysielacie anténové stožiare sa budujú **maximálne** do výšky  **$\lambda/8$**
- pri ich návrhu sa objavujú ťažkosti v súvislosti
  - s účinnosťou
  - schopnosťou vyžiariť väčšie výkony
  - so šírkou pásma
- z požiadaviek na dlhovlnové antény vyplýva, že sú to **obyčajne zvislé vodiče nad zemským povrchom**
- anténa na DV sa môže konštruovať ako **samostatný stožiar určitej výšky** (250m), ktorý sa postaví priamo na izolátor nad zemou

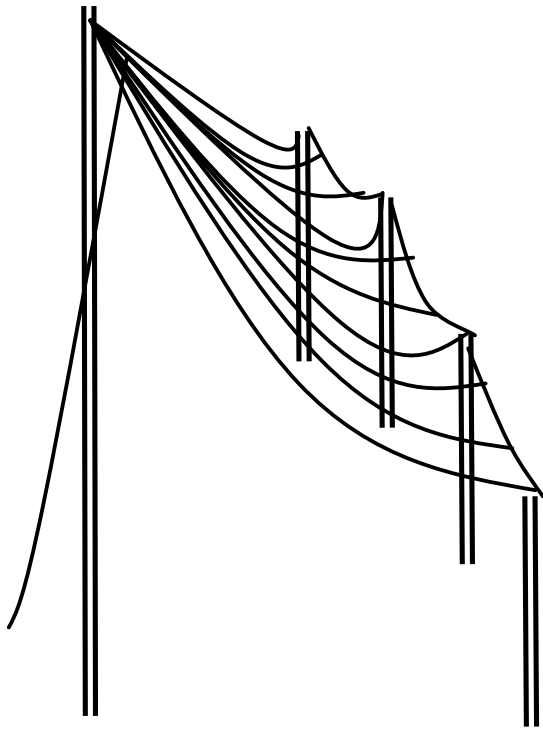
- vzhľadom na ťažkosti s dostatočne dlhým zvislým vodičom sa používajú **antény typu T s rozvinutou horizontálnou časťou**
  - táto časť antény tvorí kapacitnú záťaž pre vertikálny vodič



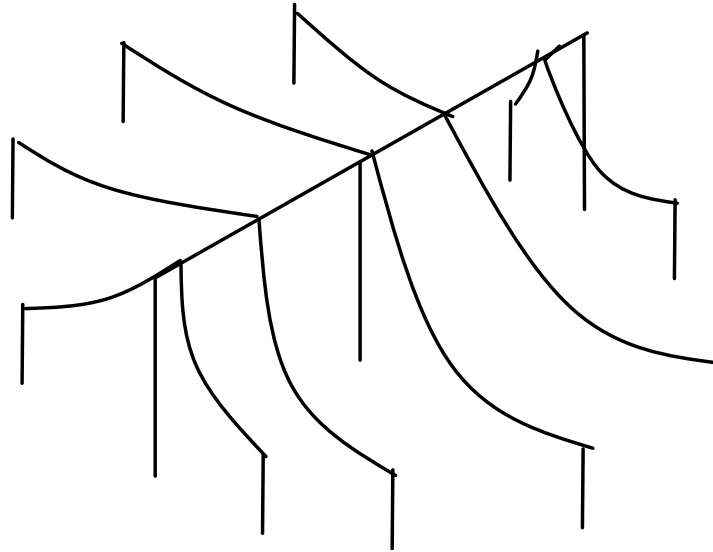


- účinnosť antén býva 70 až 90 % a menej, podľa dĺžky činného vodiča
- šírka frekvenčného pásma antén pre DV je do 5kHz
- okrem uvedeného usporiadania sa pre DV používajú
  - vejárové
  - strechové (strechovité)
  - plošné (matracové) antény
    - pre stavbu takýchto antén sa používajú medené, bronzové alebo hliníkové laná s oceľovou dušou
    - najpoužívanejšie prierezy sú 25,35 a 50 mm<sup>2</sup> pri výkonoch rádovo 100 až 400kW

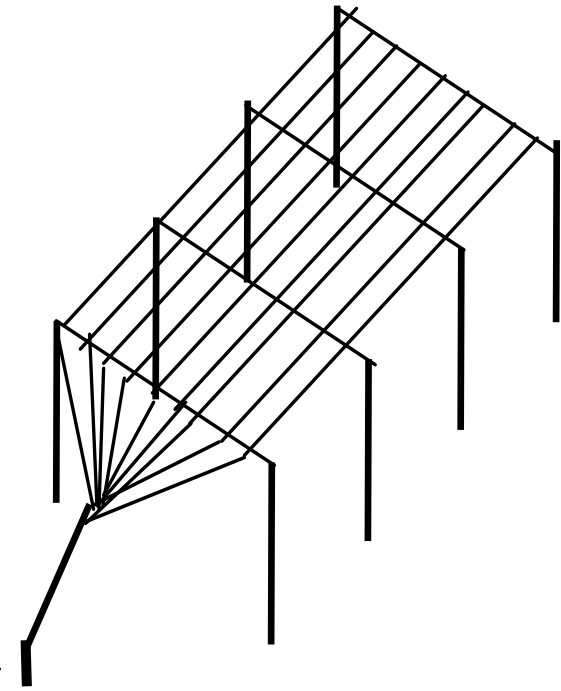
# Obr. Typy antén pre DV



a) vejárová



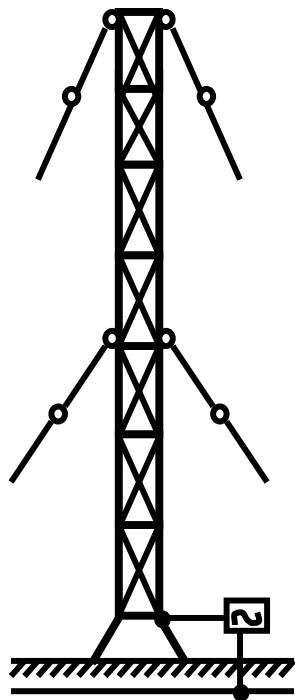
b) strechovitá



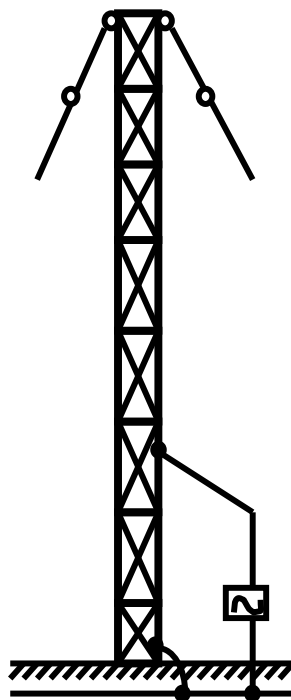
c) matracová

## Vysielacie antény pre SV

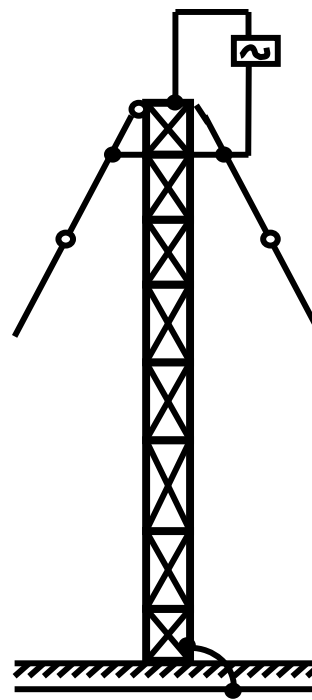
- ako antény sa používajú **oceľové priehradové kotevné stožiare**, pri ktorých **priamo konštrukcia tvorí činnú časť antény**
- antény tohto typu sa **napájajú v pätnom bode**, čo vyžaduje izoláciu konštrukcie od zeme
  - anténa sa izoluje tak, že **celý stožiar sa vztýči na mohutnom pätnom izolátore**



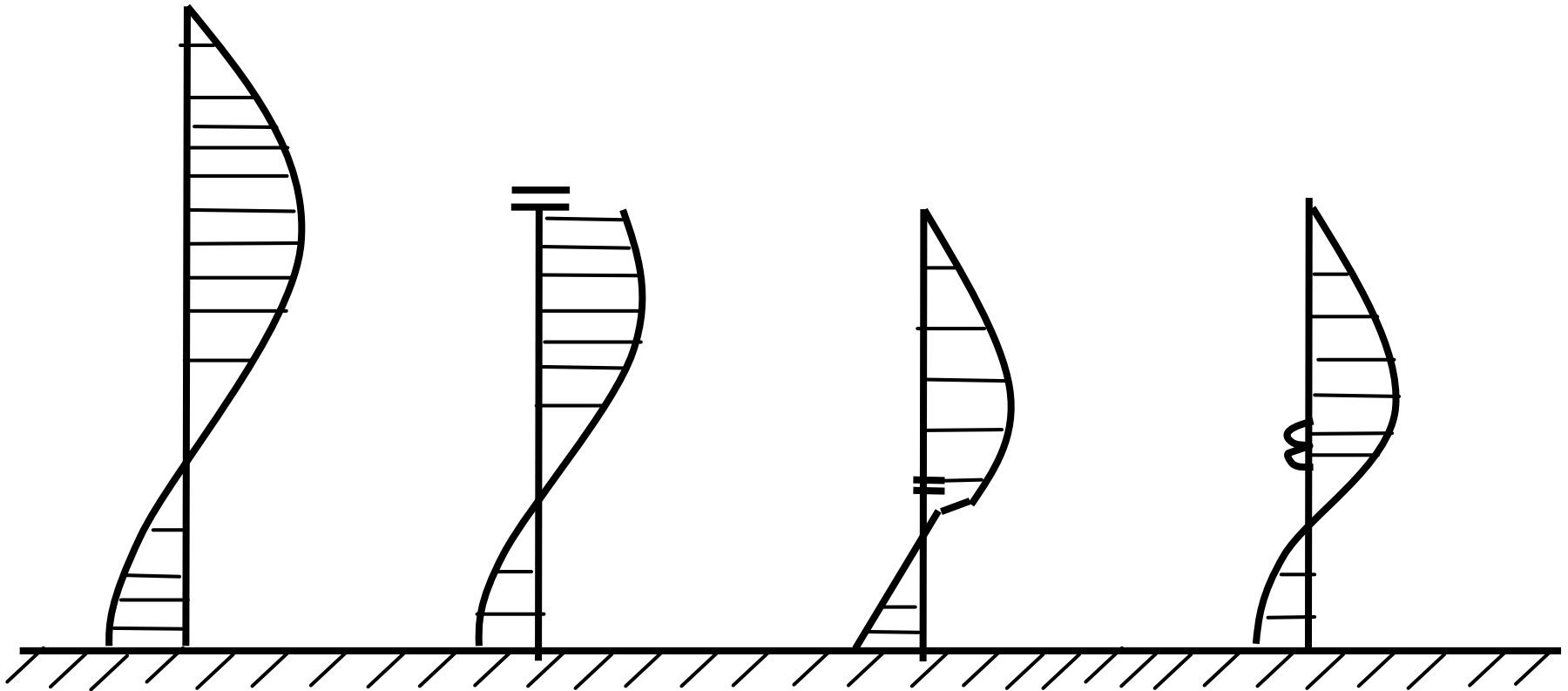
Stožiar s izolátorom



Uzemnené stožiare



- zníženie konštrukcie - **skrátene činného vodiča** sa dá docieľiť **zaradením kapacity alebo indukčnosti** do anténového vodiča na vhodnom mieste

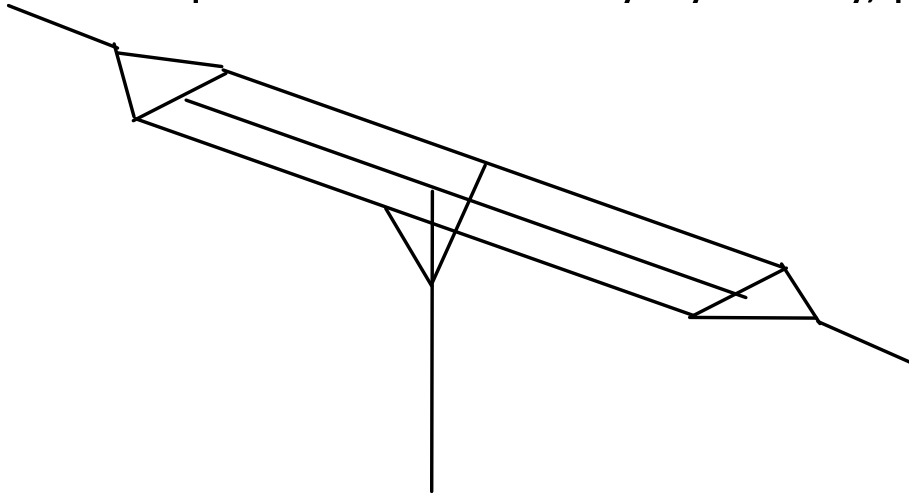


Jednoduchá  
anténa

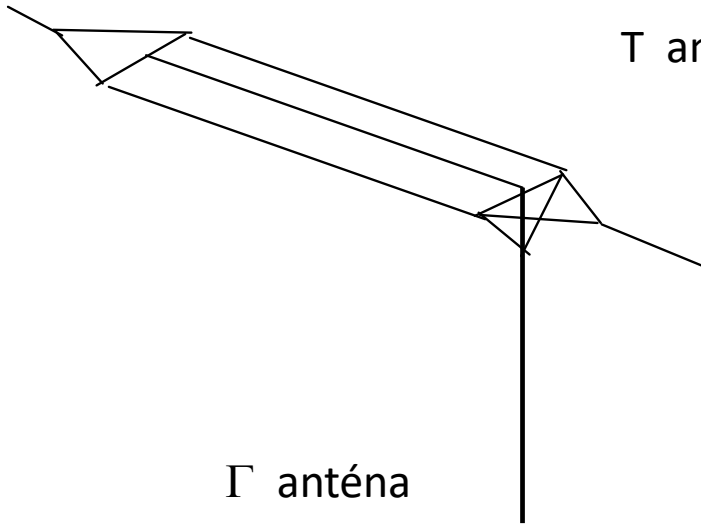
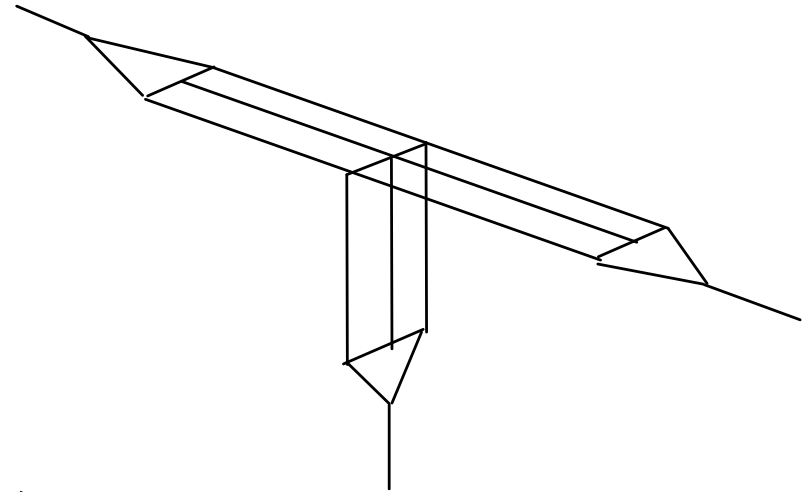
Kapacitne predĺžené antény

Indukčne predĺžená  
anténa

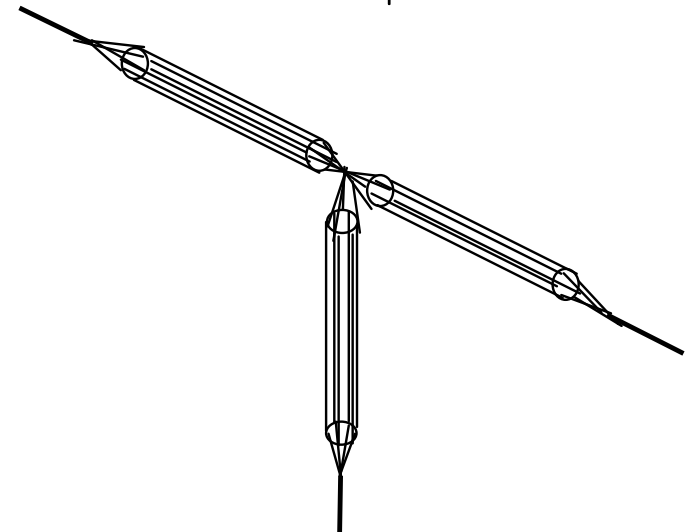
- jednoduchšie a rozšírenejšie antény na SV sú antény typu **T** a  **$\Gamma$** , ktoré sa zavesia na stožiare
- **vyžiarený výkon** pri týchto anténach sa dá upravovať **počtom vodičov**
- **zisk antény** je funkciou jej výšky (**dĺžky vodiča**) - zväčšuje sa po určitú optimálnu hodnotu výšky antény, potom klesá



T antény

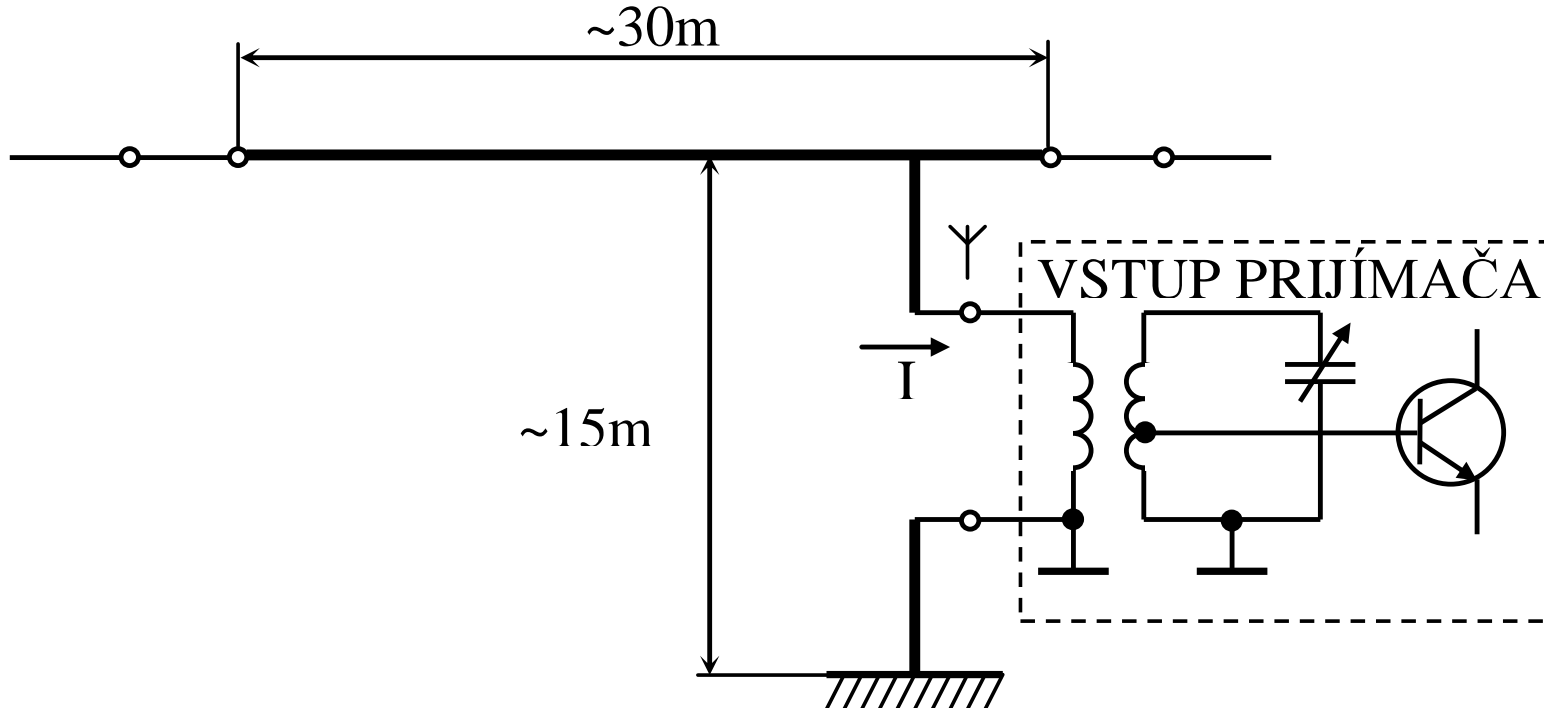


$\Gamma$  anténa

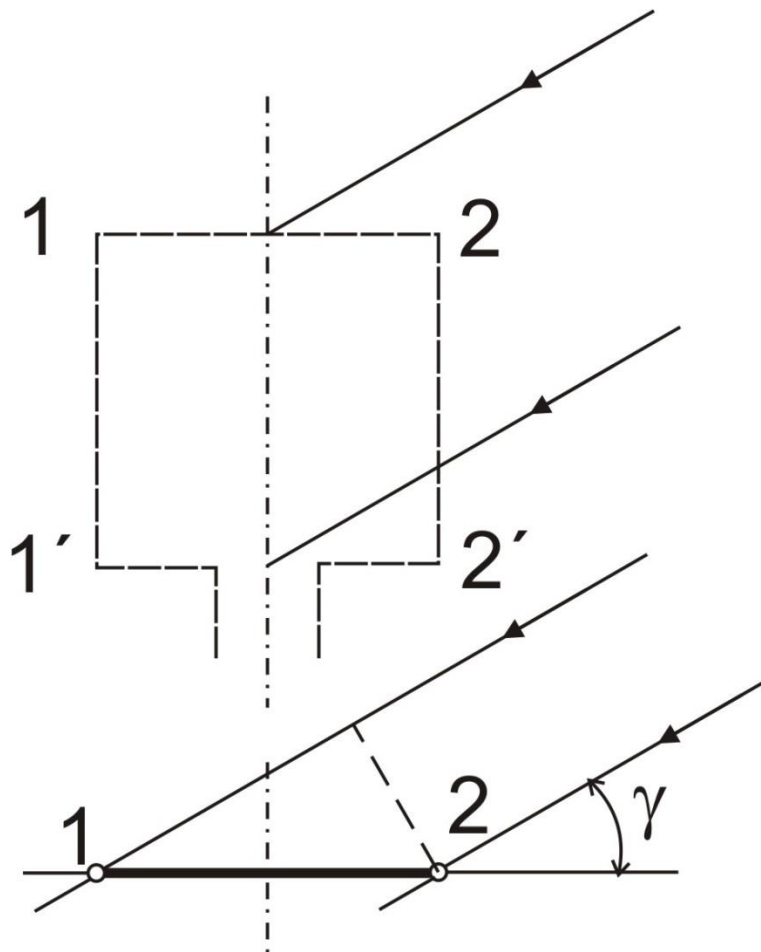


## Prijímacie antény pre DV a SV

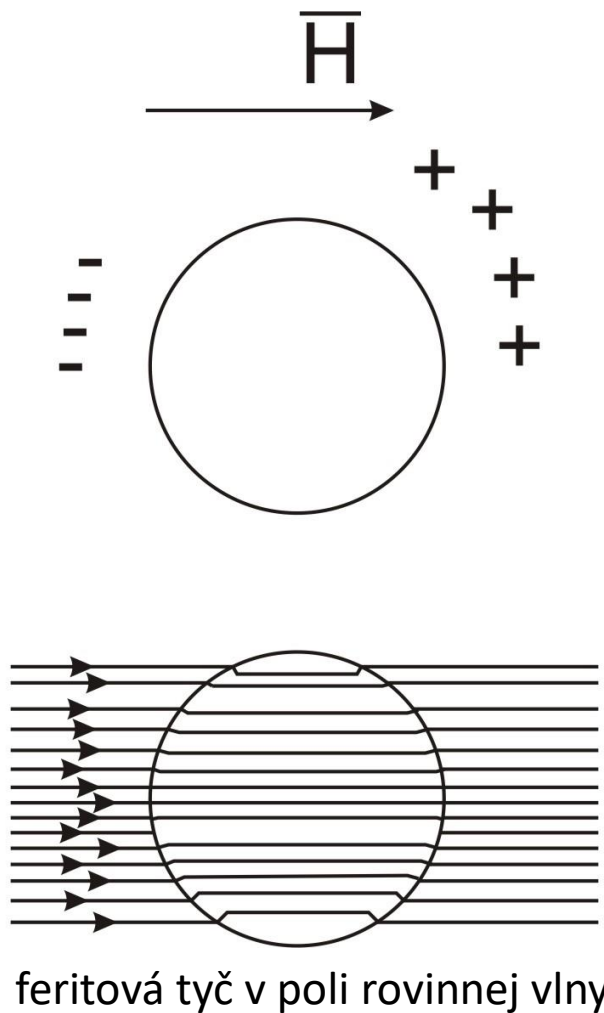
- **prijímacie antény v oblasti DV, SV** a aj **KV** pracujú na podstatne **širšom frekvenčnom pásme** ako vysielacie antény tohto typu, a preto sa líšia od vysielacích
- ako **všesmerové prijímacie antény** pre DV a SV sa používajú antény typu **T** a  **$\Gamma$** 
  - dĺžka vodiča prijímacej antény dosahuje obyčajne len časť prevádzkovej vlnovej dĺžky



- keď potrebujeme použiť **smerovú anténu**, využívajú sa v pásme DV a SV vlastnosti **rámovej antény**
  - rozmery štvorcovej rámovej antény sú oproti vlnovej dĺžke malé
  - rámová anténa sa dobre uplatní najmä **pri zameriavaní smeru šírenia** elm vlnenia



- v **rozhlasových prijímačoch** sa na rozsahoch DV a SV používa aj **feritová anténa**
  - pri konštrukcii týchto antén sa používajú magneticky vodivé materiály **ferity**
  - na **feritovej tyčke** je **uložené vinutie**, ktoré je pripojené na vstup prijímača



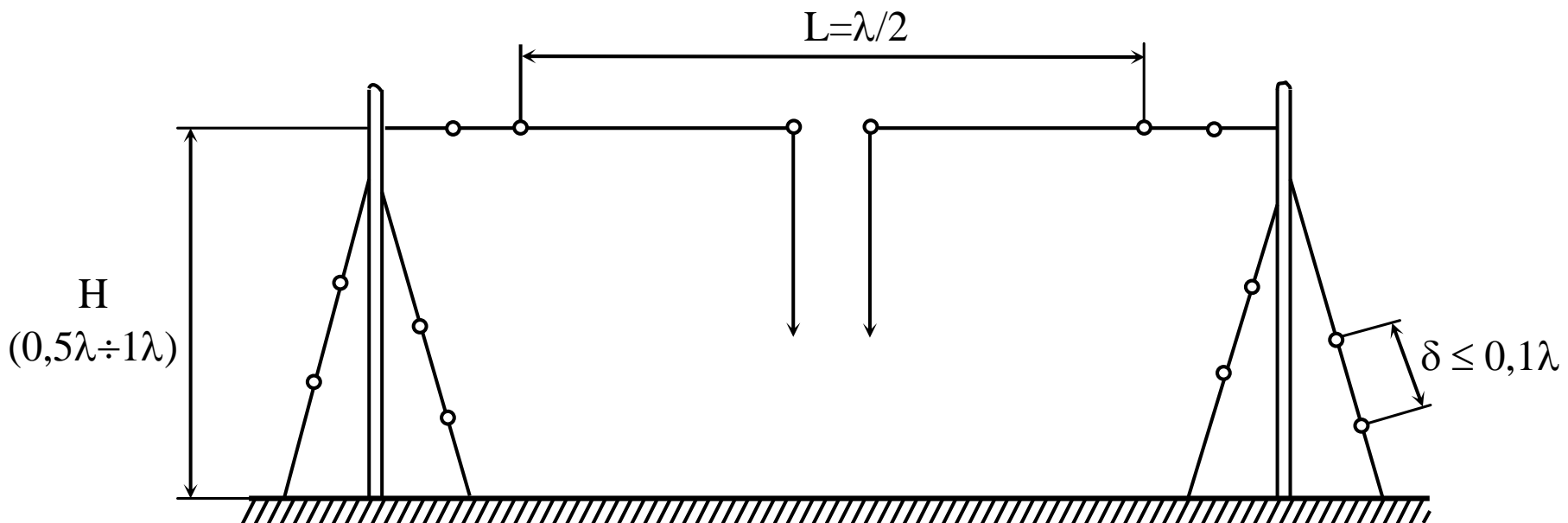
feritová tyč v poli rovinnej vlny



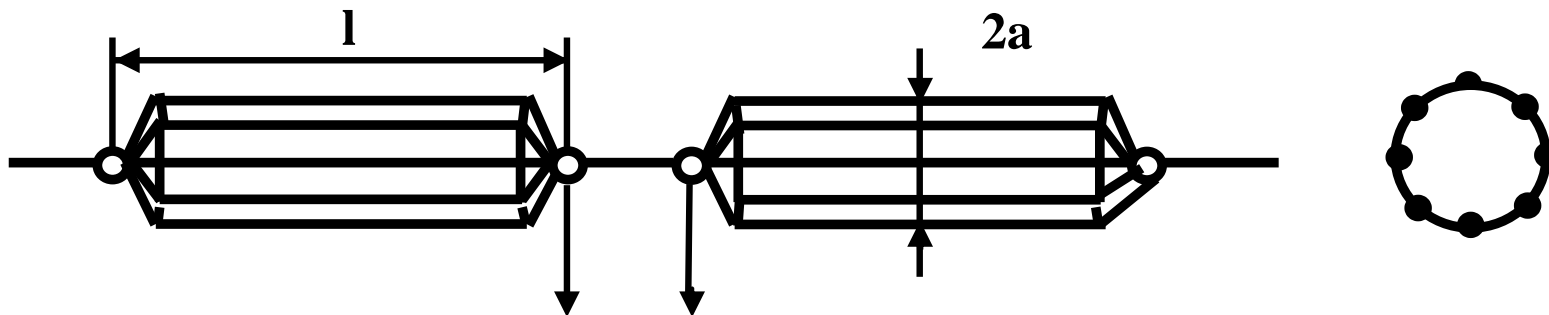
# ANTÉNY PRE KV A VKV

V oblastiach KV ( $\lambda = 100 \div 10$  m) a VKV ( $\lambda = 10\text{m} \div 10$  cm), sa využívajú rôzne mechanizmy šírenia sa elm vln (priama vlna, odrazená vlna od ionosféry,..)

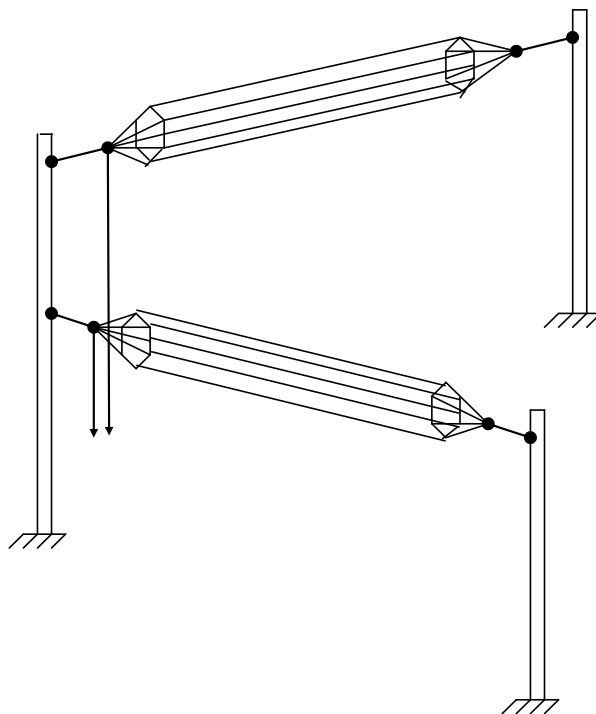
- pretože vlnová dĺžka KV a VKV umožňuje realizovať antény s porovnateľnými rozmermi - najčastejšie sa používajú symetrické horizontálne (ale aj vertikálne) polvlnové dipóly



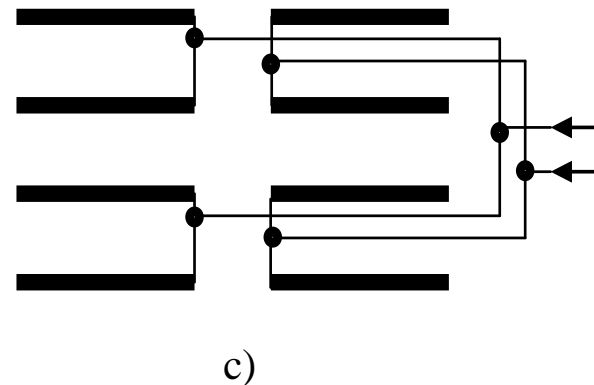
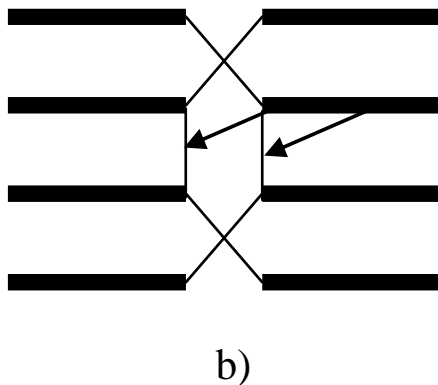
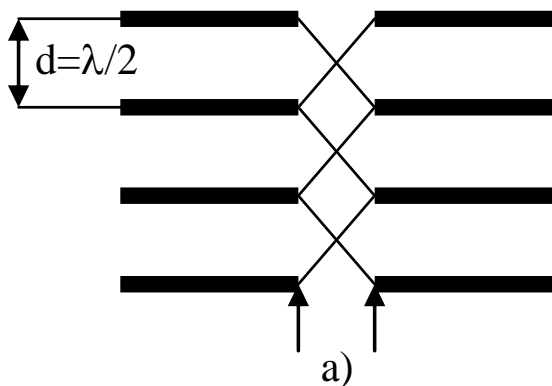
- ak je potrebné **zväčšiť šírku frekvenčného pásma antény**, používajú sa dipóly vytvorené z paralelných tenkých vodičov - **širokopásmové dipóly**



- ak je potrebné realizovať **anténu s kruhovou smerovou charakteristikou** v horizontálnej rovine - **kvadrantová anténa**, ktorá vznikne z horizontálneho dipólu sklonením jeho ramien pod uhlom  $90^\circ$

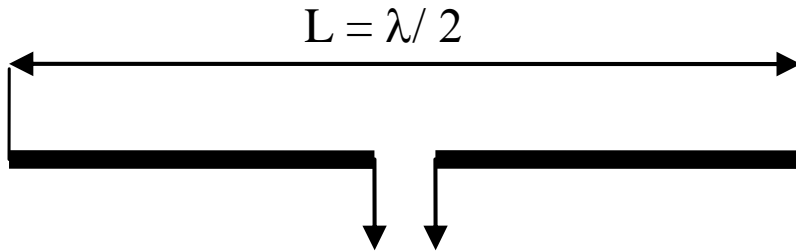


- pre **zváženie energetického zisku** sa dipóly (predovšetkým v oblasti KV) často združujú do **anténových sústav–stien**
  - dipóly sú napájané súfázovo
  - výhodou dipólových stien je úzka smerová charakteristika

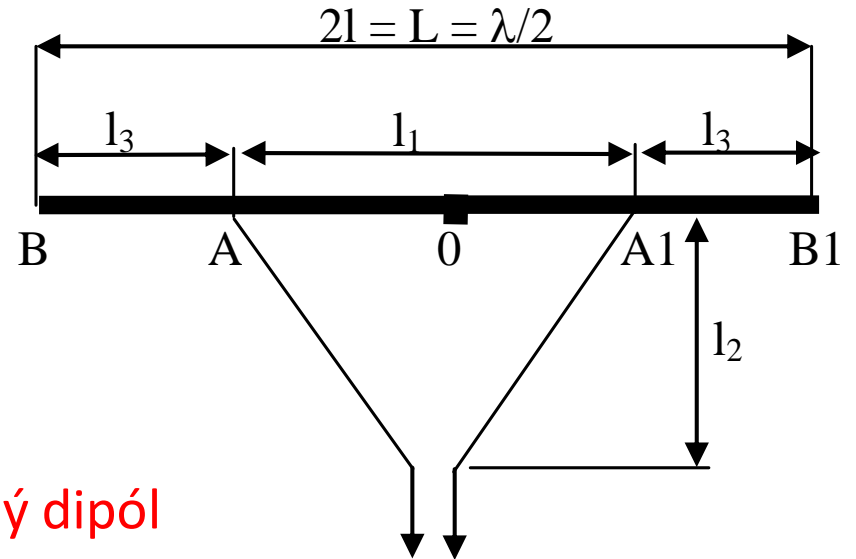


- **zvláštnosťou antén pre VKV** je, že sú umiestnené **v relatívne veľkej výške H** (v porovnaní s  $\lambda$ ), preto ich možno považovať za bodové zdroje
  - **najjednoduchšou a najčastejšie používanou anténou v oblasti VKV** je **polvlnový horizontálne** (zriedka vertikálne) polarizovaný symetrický dipól (a)
  - pretože jeho vstupná impedancia sa líši od normalizovanej vlnovej impedancie symetrických napájacích vedení ( $300\Omega$ ), tento dipól sa dá jednoducho impedančne prispôbiť - bočníkovým napájaním (b)

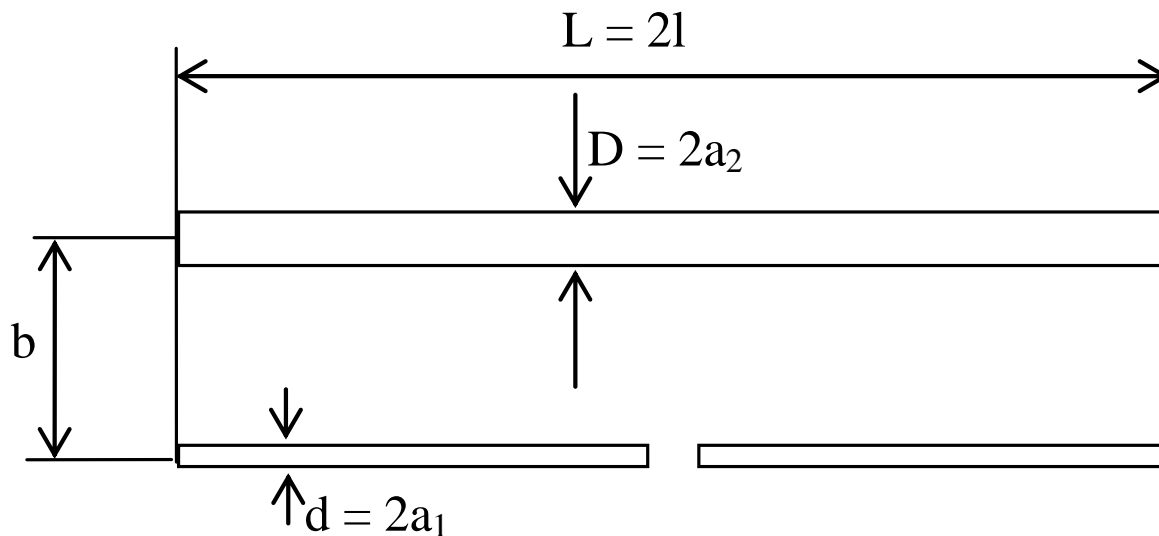
a) napájaný v strede



b) napájaný pomocou bočníka



- veľmi často sa používajú tzv. **skladaný dipól**
  - ktorý slúži najčastejšie ako **aktívny prvok Yagiho antén**
  - skladá sa z **dvoch dipólov na konci spojených**

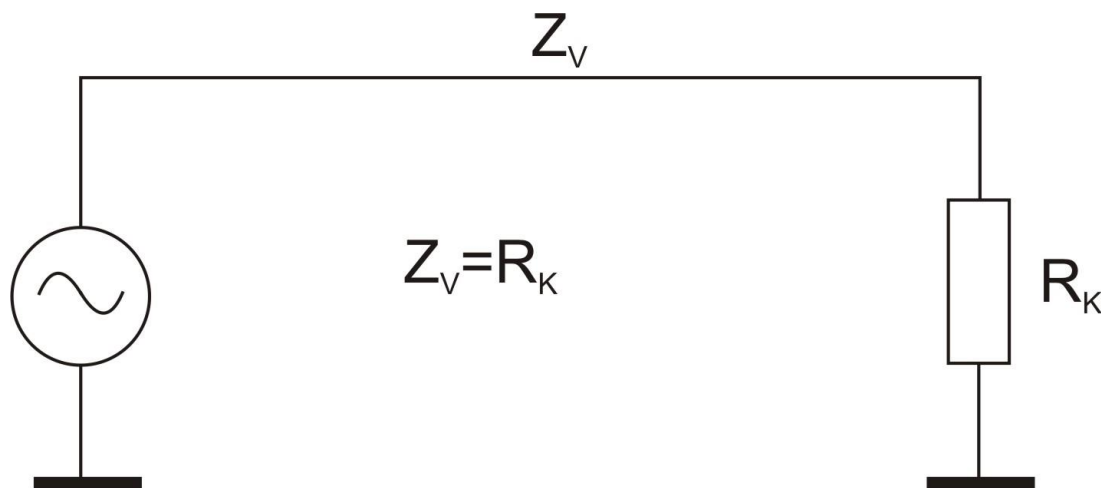


# Lineárne antény s postupujúcou vlnou (nerezonujúce, impedančne prispôsobené)

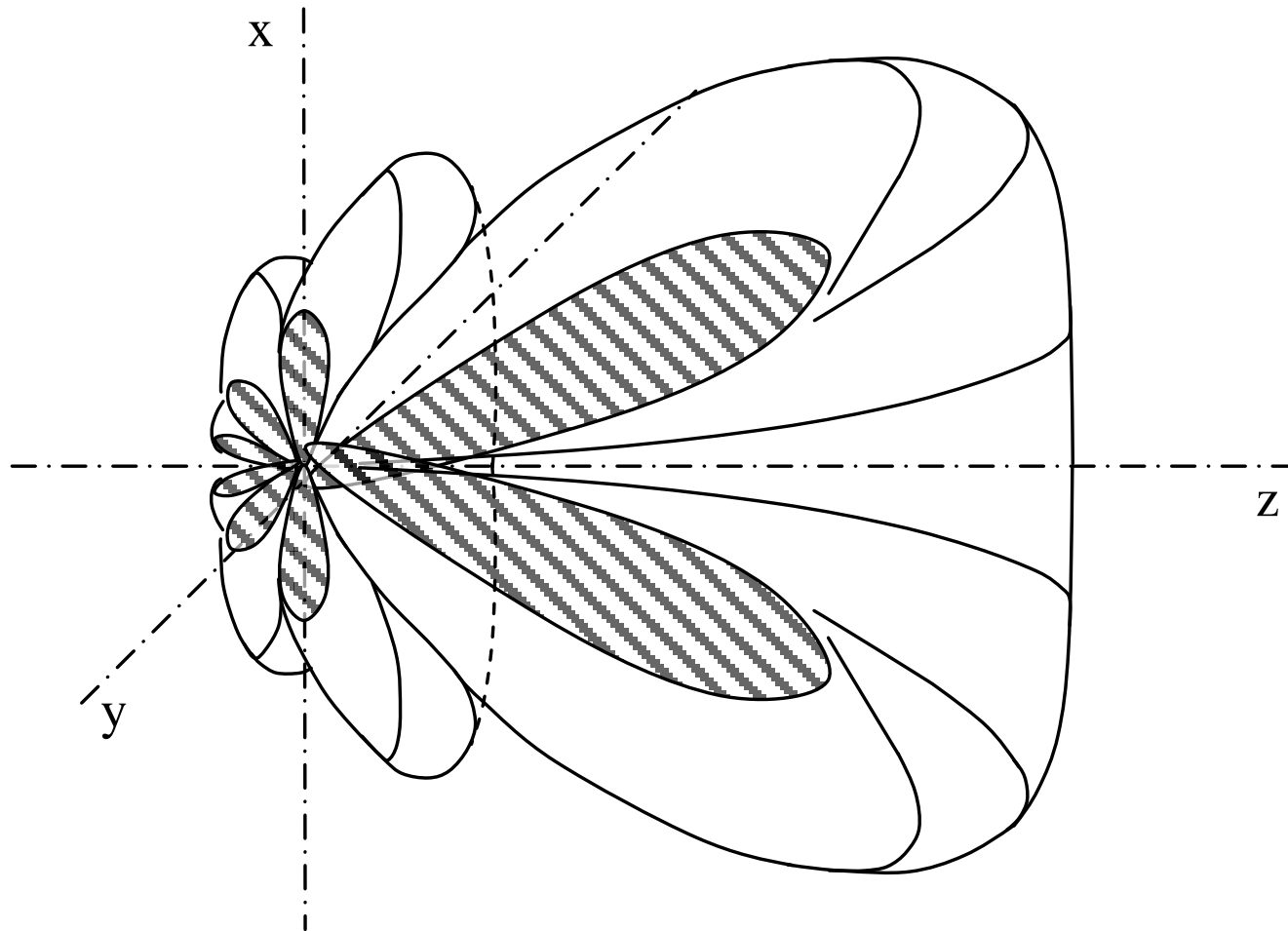
- doteraz sme sa zaoberali anténami (lineárnymi), ktoré sa vyznačovali rezonančnými vlastnosťami súvisiacimi s tým, že **pozdĺž antény je rozložená prúdová stojatá vlna**
- v mnohých prípadoch je však **výhodné používať antény**, ktoré **pracujú s postupujúcou** elektromagnetickou vlnou
- **výhody** tohto typu antén:
  - **lepšie smerové** vlastnosti
  - **väčšia šírka** frekvenčného pásma
- **nevýhoda** tohto typu antén:
  - **menšia účinnosť**
- **použitie antén** s postupujúcou vlnou je prakticky **pre všetky vlnové pásma** - ich konštrukcie sú preto veľmi rozmanité

# Priamy vodič s postupujúcou vlnou

- základný typ antény s postupujúcou vlnou je **priamy vodič zakončený odporom**
  - vodič musí byť dostatočne dlhý
  - napnutý v **rovine rovnobežnej so zemským povrchom**
  - musí byť **napájaný VF** budičom
  - zaťažovací odpor sa musí rovnať jeho vlnovej impedancii ( $R_K = Z_V$ )



- takto usporiadaný vodič bude **vyžarovať pozdĺž vodiča** smerom k zaťažovaciemu odporu
  - vyžarovanie je **súmerné okolo osi anténového vodiča**



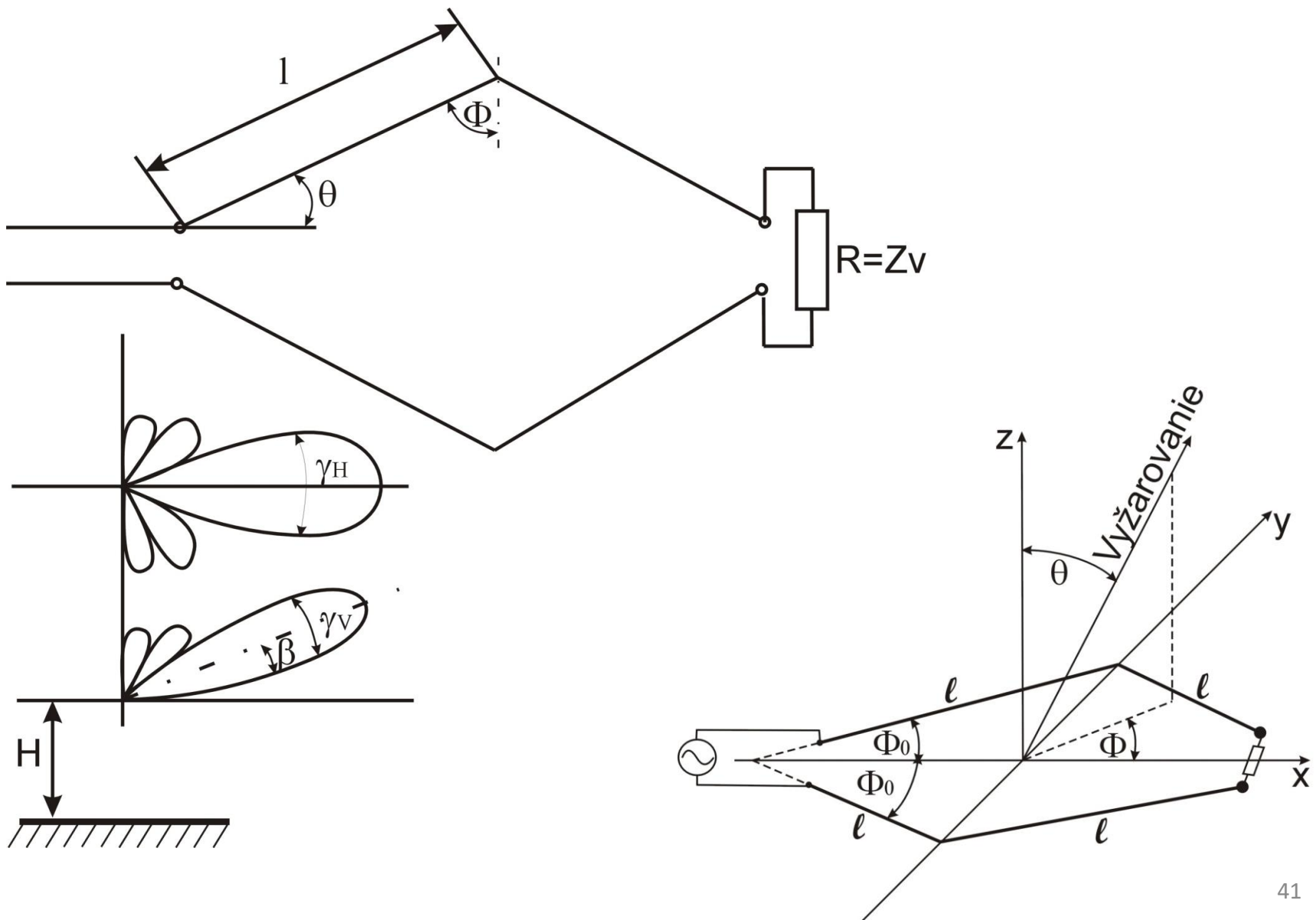
- **smerovosť a zisk antény** bude **závisieť hlavne od dĺžky vodiča**, preto jeho dĺžka býva niekoľko vlnových dĺžok ( $l \gg \lambda$ )

# Kosoštvorcová (rombická) anténa

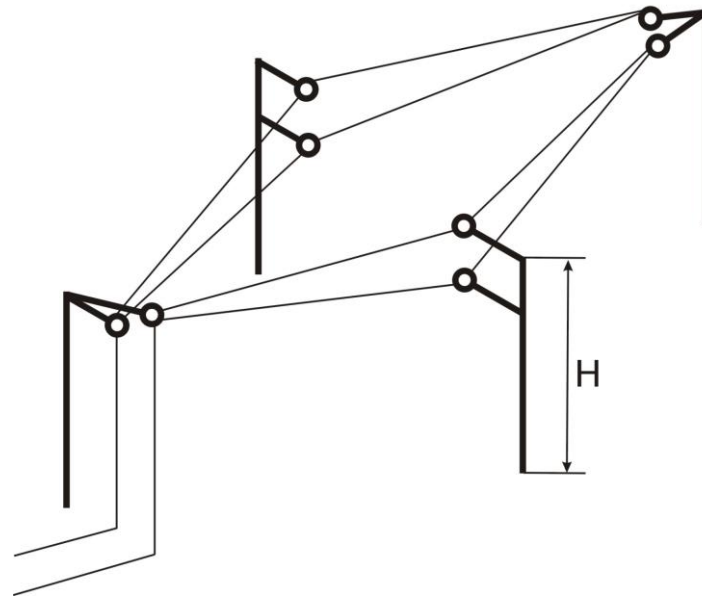
- tvar (lievik) smerovej charakteristiky jednoduchého priameho vodiča s postupujúcou vlnou nie je veľmi vhodný pre praktické použitie (v osi vyžarovania nie je signál!!!)
  - preto sa tento vodič prakticky nepoužíva ako samostatná anténa, ale tvorí súčasť zložitejších antén
- príkladom praktického použitia vodičov s postupujúcou vlnou je kosoštvorcová (rombická) anténa, ktorú v najjednoduchšom prípade tvoria štyri priame vodiče
  - usporiadanie vodičov je do kosoštvorca
  - napájanie je symetrické
  - zakončené sú odporom, ktorý sa rovná vlnovej impedancii ( $R=Z_v$ )
- ukončovací odpor  $R$  býva  $600 \Omega$ 
  - časť výkonu za mení na teplo
  - v dôsledku toho je malá účinnosť antén (50 až 70 %)
- uhol  $\Phi_0$  býva 15 až 20°



Obr. Kosoštvorcová anténa (zapojenie) a (uloženie v súradnicovej sústave)

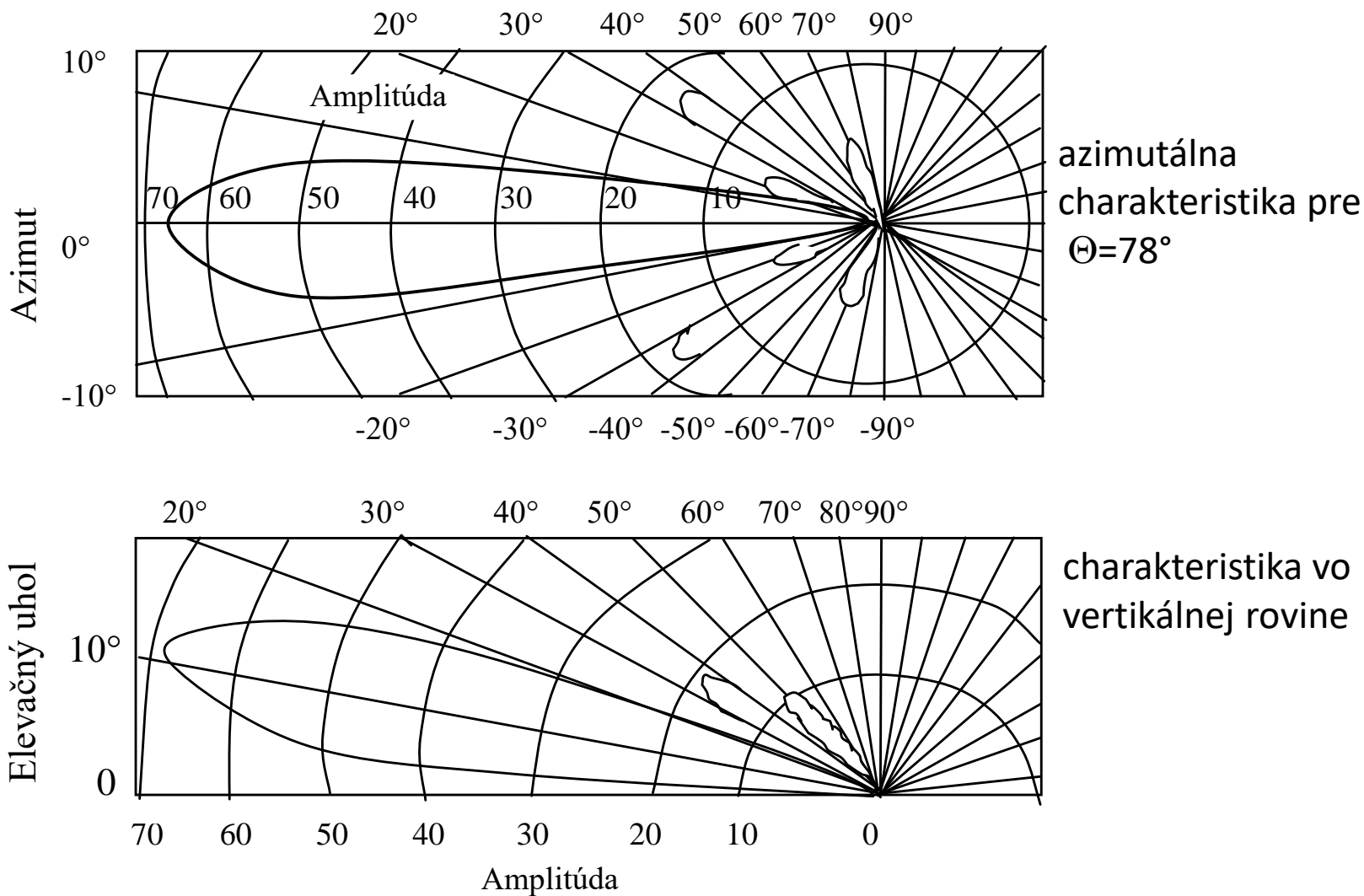


- **zisk a smerovosť** sa môže **zvyšovať usporiadaním** takýchto antén nad sebou



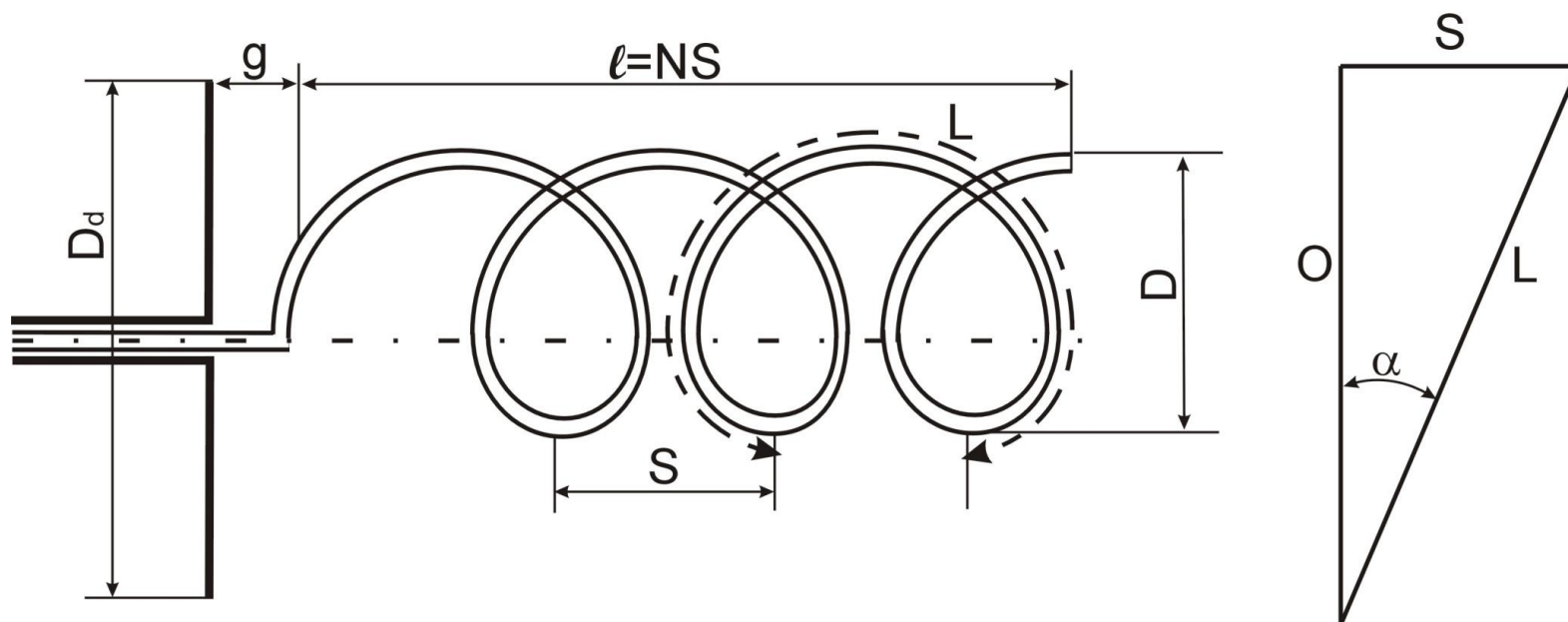
- o väčšine **praktických aplikácií** je kosoštvorcová anténa **umiestnená v určitej výške H nad zemským povrchom**
  - **vplyv zeme na smerovú charakteristiku** (ak predpokladáme nekonečne vodivú zem) je taký, že
    - v **horizontálnej rovine** kosoštvorcová anténa **nevyžaruje**
    - má **smerovú charakteristiku len vo vertikálnej rovine**
  - tvar smerovej charakteristiky je veľmi vhodný **pre diaľkové spojenia na KV**

Obr. Smerové charakteristiky kosoštvorcovej antény nad dokonale vodivou zemou ( $1/\lambda = 6$ ;  $\Phi_0 = 20^\circ$ ;  $H/\lambda = 1,1$ )

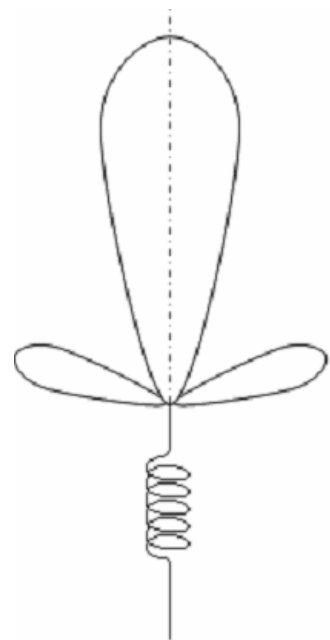


# Skrutkovicová anténa

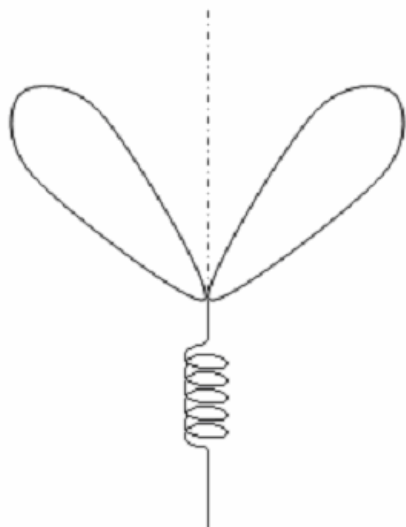
- **skrutkovicová anténa** je vytvorená
  - **stočením** tenkého aktívneho vodiča do tvaru špirály
    - dĺžky „ $l$ “
    - priemeru „ $D$ “
    - so stúpaním „ $S$ “
  - anténa je najčastejšie **napájaná** koaxiálnym vedením
    - **vnútorný vodič** je spojený so špirálou
    - **vonkajší** s reflektorom „ $D_d$ “



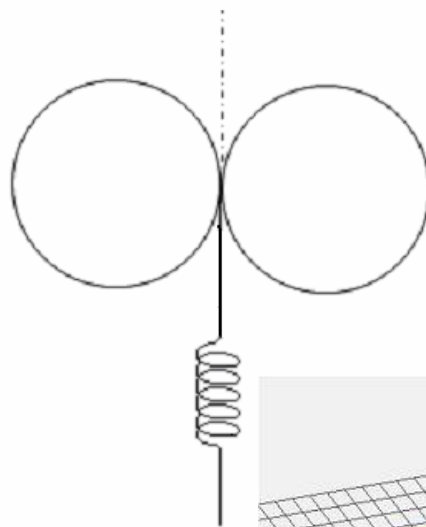
- **vyžarovanie skrutkovicovej antény** závisí od jej geometrických rozmerov, ktoré určujú tvar vyžarovacích charakteristík
  - **axiálny spôsob** vyžarovania špirály (osové vyžarovanie)
    - v **maximum** vyžarovania je **v smere osi** špirály
  - vyžarovanie do **tvaru „V“**
  - **normálové** vyžarovanie
    - **maximum** vyžarovania je **v smeroch kolmých na os** špirály



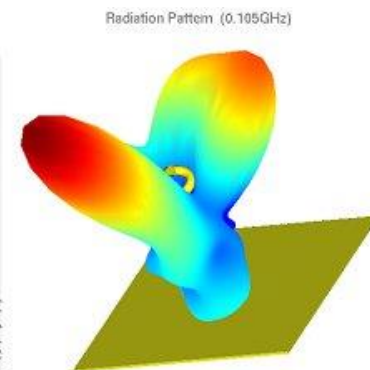
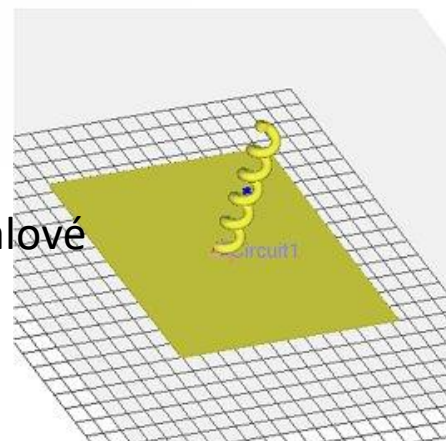
a) osové  
(axiálne vyžarovanie)



b) tvar V



c) normálové



## ■ normálové vyžarovanie

- nastane vtedy, keď sú rozmery špirály vzhľadom na vlnovú dĺžku malé (veľká  $\lambda$  = malá frekvencia ( $\lambda=c/f$ ))
  - krátke antény s malým priemerom  $D$  a s konštantným rozložením prúdu pozdĺž vodiča

## ■ vyžarovanie do tvaru „V“

- so zväčšovaním frekvencie (zmenšovaním  $\lambda$ ) smerová charakteristika nadobúda tvar „V“

## ■ osové vyžarovanie

- nastane vtedy, keď sa obvod závitů špirálového vodiča rádovo rovná vlnovej dĺžke
- najčastejšie používanie v praxi
- rozmery špirálovej antény zaručujú vznik základného osového módu

$$\frac{3}{4} < \frac{O}{\lambda_0} < \frac{4}{3}; \quad 12^\circ < \alpha < 15^\circ; \quad N > 3$$

## ■ vstupný odpor $R = Z_v = 100$ až $150 \Omega$

## ■ závitů špirály musia byť pravotočivé pri pohľade zo strany reflektora

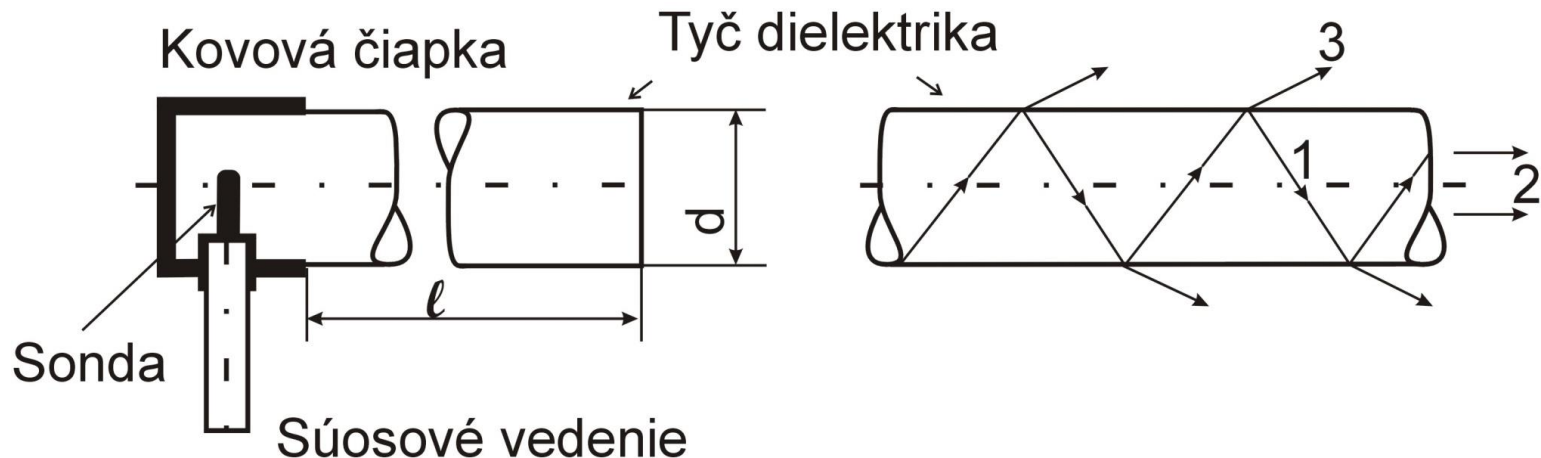
- pri ľavotočivej anténe nastáva pokles zisku

## ■ vlastnosti skrutkovicovej antény

- veľmi účinná smerová anténa
- keď sa použije ako vysielacia, elm vlnenie je kruhovo polarizované

# Dielektrická anténa

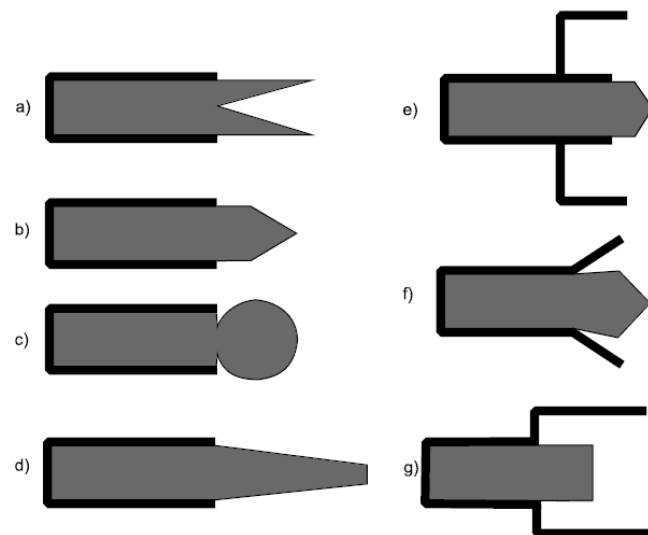
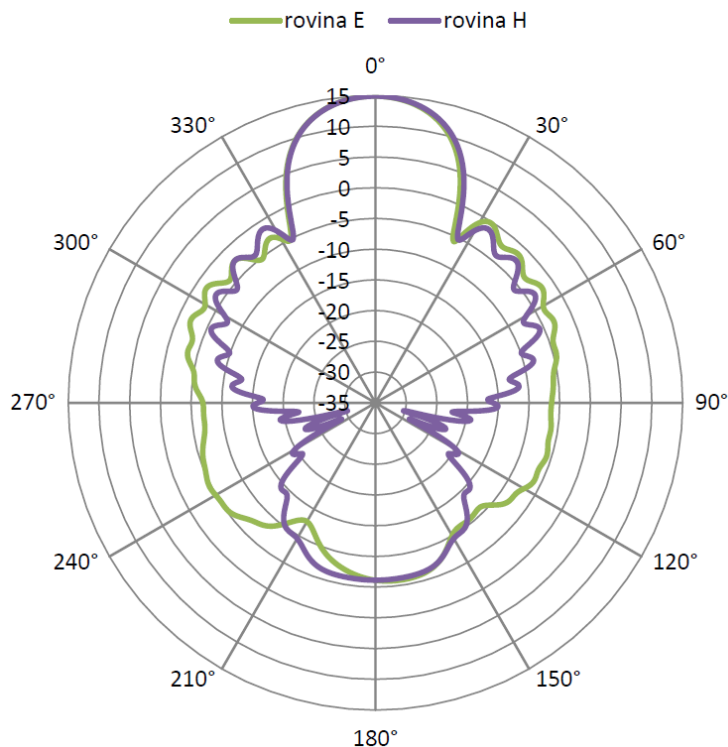
- je vytvorená z časti homogénneho alebo nehomogénneho dielektrického vlnovodu
  - koaxiálnym vedením alebo vlnovodom napájaná sonda je umiestená v kovovom puzdre
  - medzi sondou a puzdrom sa vytvára elektrické pole, ktoré sa šíri v smere tyče vyhotovenej z dielektrika
    - šírenie energie v dielektriku sa podobá šíreniu vlnenia vo vlnovode
  - časť energie sa odráža od povrchu tyčového dielektrika a zostáva vo vnútri tyče (1)
  - druhá časť však vystúpi z povrchu dielektrickej tyče a vyžaruje (2,3)



- pretože nastáva aj bočné vyžarovanie (3), energia vnútri postupujúceho vlnenia klesá
- zostávajúca časť sa vyžiari z čelnej časti (2)

## ■ vyžarovanie

- je smerované v osi tyče dielektrika
- vyžarovaciu charakteristiku určujú
  - rozmery tyče ( $l$  a  $d$ )
  - vlnová dĺžka ( $\lambda$ ) a dielektrická konštanta ( $\epsilon_r$ ) použitého materiálu



tvary dielektrických tyčí



# Kontrolné otázky

- Aké sú to lineárne antény?
- Pre aké frekvencie sa v praxi používajú lineárne antény?
- Aké je rozloženie prúdu pozdĺž tenkej lineárnej symetrickej antény?
- Aká je smerová charakteristika nekonečne tenkej lineárnej symetrickej antény?
- Aké je prúdové rozloženie a smerové charakteristiky tenkej lineárnej symetrickej antény pre rôzne dĺžky „ $2h$ “?
- Aké je rozloženie prúdu vo valcovej anténe?
- V akej vzdialenosti od koncov je prúd nulový (v uzlových bodoch) pre tenký dipól (valcová anténa)?
- V akej vzdialenosti od koncov je prúd nulový (v uzlových bodoch) pre hrubý dipól (valcová anténa)?
- Ako prvky čoho sa často používajú lineárne antény?
- Ako sa nazýva pasívny prvok s indukčným charakterom, ktorý spôsobuje odraz energie v smere aktívneho prvku?
- Ako sa nazýva pasívny prvok s kapacitným charakterom, ktorý spôsobuje vzrast vyžarovania v smere od aktívneho prvku k pasívnemu?

- Aký charakter má pasívny prvok a ako ho nazývame, ak je dlhší (o koľko %) ako prvok aktívny (v sústave lineárnych antén) (aj obr.)?
- Aký charakter má pasívny prvok a ako ho nazývame, ak je kratší (o koľko %) ako prvok aktívny (v sústave lineárnych antén) (aj obr.)?
- Z akých a koľkých prvkov sa obvykle skladá anténa „YAGI“?
- Vlastnosti a použitie antény „YAGI“?
- Čo platí pre polvlnový lineárny dipól, umiestnený horizontálne vo výške „h“ nad rovinným, dokonale vodivým zemským povrchom (aj obr.)?
- Aké sú smerové charakteristiky pre lineárny vertikálny symetrický polvlnový dipól, ktorý je umiestnený vo výške „H“ nad rovinným zemským povrchom (aj obr.)?
- Aké sú smerové charakteristiky pre lineárny vertikálny nesymetrický polvlnový dipól, ktorý má dĺžku „h“ (aj obr.)?
- Aké smerové charakteristiky majú mať antény použité v oblasti „DV“?
- Ktoré usporiadania antén sa používajú pre vysielanie „DV“ (aj obr.)?
- Do akej maximálne výšky sa budujú vysielacie anténové stožiare pre „DV“?
- Aká býva účinnosť pre anténu typu „T“ (DV)?
- Akou technickou úpravou sa v praxi dosahuje skrátenie dĺžky antén pre „DV“, pri zachovaní parametrov?

- Aká býva šírka frekvenčného pásma antén pre „DV“?
- Aké výkony sa používajú pri vysielačoch antén „DV“?
- Čo sa používa (konštrukčne) ako vysielačie antény „SV“ (aj obr.)? (aj obr.)
- Ktoré usporiadanie antén sa používa pre vysielačie „SV“ (aj obr.)?
- Akou technickou úpravou sa v praxi dosahuje skrátenie dĺžky konštrukcie antén pre „SV“, pri zachovaní parametrov (aj obr.)?
- Pre ktoré vlnové pásmo sú vysielačie antény totožné s prijímacími?
- Aké antény sa používajú ako všesmerové prijímacie antény pre „DV“ a „SV“ (aj obr.)?
- Vlastnosti, ktorého typu antén sa využívajú, keď potrebujeme použiť smerovú prijímaciu anténu v pásme „DV“ a „SV“ (aj obr.)?
- Aká prijímacia anténa sa používa v rozhlasových prijímačoch na rozsahoch „DV“ a „SV“ (aj obr.)?
- Aké antény sa používajú najčastejšie v oblasti „KV“ (aj obr.)?
- Pre akú anténu sa rozhodneme, ak je potrebné zväčšiť šírku frekvenčného pásma „VKV“ (aj obr.)?
- Pre akú anténu sa rozhodneme, ak je potrebné realizovať anténu s kruhovou smerovou charakteristikou v horizontálnej rovine pre pásmo „VKV“ (aj obr.)?

- Pre aké antény sa rozhodneme, ak je potrebné zväčšiť energetický zisk „VKV“ (aj obr.)?
- Aké antény sa používajú najčastejšie v oblasti „VKV“ (aj obr.)?
- Pre akú anténu sa rozhodneme, ak je potrebné ju použiť ako aktívny prvok „YAGI-ho“ antény pre pásmo „VKV“?
- Pre ktoré vlnové pásmo sa používajú antény typu „YAGI“?
- Akú smerovosť a zisk má anténa typu „YAGI“?
- Aké sú základné výhody antén s postupujúcou elm vlnou voči anténam so stojatou vlnou?
- Aké sú základné nevýhoda antén s postupujúcou elm vlnou voči anténam so stojatou vlnou?
- Pre ktoré vlnové pásma je vhodné použitie antén s postupujúcou elm vlnou?
- Ktorý je základný typ antény s postupujúcou vlnou (aj obr.)?
- Aká je smerová charakteristika (vyžarovanie) vodiča s postupujúcou prúdovou vlnou? (aj obr.)
- Od čoho závisí smerovosť a zisk vodiča s postupujúcou prúdovou vlnou?
- Čo tvorí konštrukciu kosoštvorcovej (rombickej) antény? (aj obr.)
- Akú hodnotu máva ukončovací odpor kosoštvorcovej (rombickej) antény?

- Akú je účinnosť kosoštvorcovej (rombickej) antény?
- Aká je vyžarovanie kosoštvorcovej antény umiestnenej v určitej výške „h“ nad zemským povrchom (predpokladajme nekonečne vodivú zem)?
- Aká je smerová charakteristika kosoštvorcovej antény? (aj obr.)
- Pre ktoré spojenia je vhodný tvar smerovej charakteristiky kosoštvorcovej (rombickej) antény?
- Akou konštrukčnou úpravou sa zvyšuje účinnosť a zisk kosoštvorcovej (rombickej) antény? (aj obr.)
- Ako je vytvorená skrutkovicová anténa? (aj obr.)
- Aký tvar môžu mať smerové charakteristiky skrutkovicovej antény? (aj obr.)
- Od čoho závisí tvar smerových charakteristík skrutkovicovej antény?
- Kedy nastáva normálové vyžarovanie skrutkovicovej antény?
- Kedy nastáva „V“ vyžarovanie skrutkovicovej antény?
- Kedy nastáva osovú (axiálne) vyžarovanie skrutkovicovej antény?
- Aký tvar vyžarovania nastáva pre krátke skrutkovicové antény s malým priemerom  $D$  a s konštantným rozložením prúdu pozdĺž vodiča?
- Aký tvar vyžarovania nastáva pre skrutkovicové antény, ktorých obvod závitú špirálového vodiča sa rádovo rovná vlnovej dĺžke?

- Aká musí byť točivosť závitov špirály (pri pohľade zo strany reflektora), aby nedochádzalo ku poklesu zisku skrutkovicovej antény?
- Ako je polarizované elm pole, keď sa použije skrutkovicová anténa ako vysielacia?
- Aká je skrutkovicová anténa z hľadiska smerovosti?
- Aká je konštrukcia dielektrickej antény? (aj obr.)
- Aké je vyžarovanie pri dielektrickej anténe, t.j. anténe s neuniformnou vlnou?
- Čo určuje vyžarovaciu charakteristiku dielektrickej antény?

# Zoznam použitých skratiek a symbolov

- cm jednotka dĺžky (centimeter,  $10^{-2}$ )
- dB jednotka tlmenia (decibel)
- DV dlhé vlny (Low Frequency (LF))
- el elektrická/é/ý
- elm elektromagnetická/é/ý
- GHz jednotka frekvencie (GigaHertz,  $10^9$ )
- GPS globálny systém určenia polohy (Global Positioning System)
- GSM globálny systém mobilných komunikácií (Global System for Mobile Communications)
- IEEE štandardizačná agentúra (Institute of Electrical and Electronics Engineers)
- kHz jednotka frekvencie (kiloHertz,  $10^3$ )
- km jednotka dĺžky (kilometer,  $10^3$ )
- KV krátke vlny (High Frequency (HF))
- kW jednotka výkonu (kilowatt,  $10^3$ )
- $\lambda$  vlnová dĺžka
- $\mu\text{m}$  jednotky dĺžky (mikrometer,  $10^{-6}$ )

- m jednotky dĺžky (meter)
- mm jednotky dĺžky (milimeter ,  $10^{-3}$ )
- nm jednotka dĺžky (nanometer,  $10^{-9}$ )
- $\Omega$  jednotka elektrického odporu (Ohm)
- PA prijímacia anténa
- RF rádiové frekvencie (Radio Frequency)
- SV stredné vlny (Medium Frequency (MF))
- TV televízia (Television)
- UKV ultra krátke vlny (Ultra High Frequency (UHF))
- UWB ultra-širokopásmová komunikácia (Ultra-Wideband)
- VA vysielacia anténa
- VF vysoko-frekvenčná/é/ý
- VKV veľmi krátke vlny (Very High Frequency (VHF))
- W jednotka výkonu (Watt)
- WiFi súbor štandardov pre bezdrôtovú komunikáciu (Wireless Fidelity – „bezdrôtová vernosť“)
- WiMax bezdrôtová telekomunikačná technológia (World Interoperability for Microwave Access)





Ďakujem za pozornosť